

DETAIL – Журнал по архитектуре

2010 □ 5 · Цифровая архитектура

Резюме на русском языке

Перевод: Elena Reshetnikova

E-Mail: refusenik@gmail.com

Предварительный просмотр всех проектов с графическими материалами Вы найдете на:

<http://www.detail.de/Archiv/De/HoleHeft/231/ErgebnisHeft>**страница 420****Архитектурное формообразование и создание материалов в момент перехода от компьютеризированного проектирования к компьютерному проектированию и дизайну**

Ахим Менгес (Achim Menges)

“Мы ... можем настаивать на том, что объекты – это всегда совокупность чего-то, “собрания” в Хайдеггеровском понимании этого слова, или «вещи» – в трактовке немецких философов, и все же, спустя четверста лет с момента изобретения перспективного чертежа, через триста лет с момента возникновения проективной геометрии и через пятьдесят лет с момента разработки первых компьютерных программ для САПР, мы по-прежнему тщательно пытаемся собрать воедино, смоделировать, материализовать, аппроксимировать и в полной мере создать в нужном масштабе то, что является вещью во всей ее сложности.”

Бруно Латур (Bruno Latour)¹

Проникновение цифровых процессов в архитектуру становится все более интенсивным и затрагивает все новые и новые аспекты разработок, проектирования и строительства. В сложившейся реальности вопрос о том, вытеснят ли цифровые процессы аналоговые методы работы в архитектуре, уже почти полностью себя изжил. В результате гораздо более важным и вызывающим острый интерес вопросом становится вопрос о том, как это происходит прямо сейчас, и как могло бы происходить в будущем, ведь никогда прежде за всю историю архитектуры в распоряжении архитекторов, инженеров и фирм в течение столь короткого промежутка времени не появлялось так много новых технических возможностей, как сегодня. Однако, как это часто бывало в истории строительства, любому скачку предшествует некий переходный этап, во время которого новые технологии используются главным образом как дополнение к уже сложившейся тради-

ционной практике. Параллельно с этим развиваются новые подходы, которые соответствуют реальным возможностям технологии и, таким образом, начинают изменять саму практику. Именно в такой ситуации мы сейчас и находимся. Несмотря на сложную геометрию, многогранный язык форм и тщательно проработанную, изощренную артикуляцию поверхностей современной архитектуры нынешнее применение компьютеров в архитектуре в большинстве случаев еще нельзя считать собственно проектно-методическими инновациями. Подобно множеству других новаторских технологических изменений, существовавших в истории строительства и оказывавших свое влияние на определяющий процесс проектирования всегда с большим опозданием, компьютер в нынешней архитектурной практике находит применение пока лишь как высокопроизводительное и эффективное вспомогательное средство в рамках традиционного с методической точки зрения процесса проектирования. Примечательно, что этот факт как раз и подтверждают множество подходов, с радостью выдаваемых под вывеской «цифровая архитектура».

Таким образом, отправной точкой нижеследующей дискуссии стало не столько выяснение сути противопоставления понятий «аналоговый / цифровой», которое впервые использовал Дуглас Райнер Хартри (Douglas Rayner Hartree) в описании американского цифрового компьютера ENIAC² в 1946 году, сколько дифференцированное понимание самой категории «цифровое» в конкретном контексте – в архитектуре, что представляется куда более важным. Ведь различие цифровой / аналоговый задается основополагающими критериями прерывистый / непрерывный. Дальнейшее историко-терминологическое выяснение этого противопоставления в рамках данного текста не представляется возможным³, да и просто излишне. Поэтому данные понятия используются здесь в общепринятом популярном смысле.

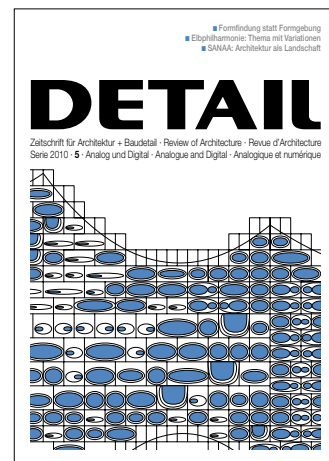
Проектирование

“Компьютеризация – это что-то вроде автоматизации, механизации, перевода в цифровую форму и последующего преобразования. Как правило, она подразумевает перевод в цифровую форму объектов или процессов, которые сначала были четко представлены в воображении, предопределены и подробно описаны. В отличие от компьютеризации, вычислительный процесс – это исследование неопределенных, расплывчатых, неясных, неточных и неявно выраженных процессов; в силу своего исследовательского характера, вычислительный процесс направлен на имитацию функций или расширение человеческого интеллекта.”

Костас Терзидис (Kostas Terzidis)⁴

С разделением функций проектировщика и строителя – востребованным еще Альберти в его трудах по архитектуре⁵ и все более активно прогрессирующим со времен Ренессанса, – равно как и с развитием перспективы и проекционирования, в архитектуре второй половины прошлого тысячелетия главную роль стало играть графическое изображение; причем и как главное представление идеи проекта, и как инструкция по его воплощению в жизнь на строительной площадке. Примечательно, что форма этого представления на чертеже в информативном плане ограничивается лишь геометрической моделью. В техническом графическом изображении или в изображенной модели форма и информация составляют единое целое. Поэтому проектировщик действует на уровне фенотипа. А значит, проектирование представляет собой процесс формообразования.

До сегодняшнего дня этот подход не претерпел сколько-нибудь существенных изменений, даже несмотря на повсеместное внедрение средств автоматизированного проектирования (САПР), которые активно применяются в архитектурной практике уже около 20 лет и по сей день являют собой приоритетный инструмент проектиро-



вания в виде многочисленных прикладных компьютерных программ. Для этих приложений характерен перенос аналоговых методов работы в цифровую сферу. Программа воспроизводит технику выполнения чертежей, моделей и расчетов, которые прежде делались вручную. Конечно, возросшая по сравнению с аналоговыми способами эффективность и точность таких цифровых инструментов позволяет добиться рационализации процесса проектирования и расширения архитектурных формоопределяющих канонов, но тем не менее, в большинстве случаев автоматизированное проектирование не только не изменило, но даже не поставило под сомнение существующую концепцию разработки, проектирования и строительства, а лишь «компьютеризировало» эти процессы.⁷

Однако параллельно такому формату использования компьютеров, т.е. компьютеризированному расширению традиционных способов проектирования, сложился и еще один подход: компьютерное проектирование и дизайн (Computational Design). Он опирается на концепцию альтернативного подхода к созданию эскизного варианта проекта и рабочему проектированию, который предпочитает задействовать внутренний потенциал компьютера, а именно – его информационно-технологического восприятия, обработки и использования сложнейших взаимосвязей как основу для генеративных алгоритмических процессов. При этом речь здесь ни в коем случае не идет о каком-то совершенно новом явлении. Этот подход применялся еще в конце 60-х годов⁸ прошлого века и постоянно совершенствовался на стыке архитектуры и информатики, однако лишь в последние годы он стал приобретать все большее значение и получил, наконец, распространение в архитектурной практике.

Если обратиться к толковым словарям, то становится понятным принципиальное различие между рассматриваемыми терминами: «computation» в английском языке означает, прежде всего, вычислительный процесс, обработку информации, в то время как «computing» – это применение компьютеров в работе. Таким образом, главное значение понятия заключается в тесной связи с процессом и с положенной в основу информацией, и не ограничивается лишь применением компьютера.

В результате намечается один существенный момент. В то время как традиционное проектирование и разработка осуществляются с помощью аналогового или цифрового представления предполагаемого результата, будь то эскиз, набросок, чертеж, план или модель, главный предмет проектирования в «новом» подходе смещается в сторону разработки процессов – в виде алгоритмов или генеративных правил, из которых затем, посредством описания, определения и оценки различных параметров и факторов влияния складывается

определенный результат. В этом случае проектировщик действует на уровне генеративного процесса, генотипической информации и фенотипического явления, обусловленного взаимодействием различных факторов влияния. Таким образом, проектирование становится процессом генерирования форм.

Здесь заблаговременно следует предупредить возможное и часто возникающее недопонимание. В компьютерном проектировании и дизайне компьютер ни в коем случае не заменяет архитектора. Скорее, наоборот, роль проектировщика здесь даже усиливается: архитектор превращается из пользователя цифровых процессов в их разработчика. Достигаемая за счет этого более высокая степень интеграции самых разных факторов влияния и требований непосредственно внутри самого процесса разработки позволяет не только соответствовать все более сложным предъявляемым к архитектуре требованиям, но и осваивать новые открывающиеся в результате такого подхода возможности.

От виртуального генерирования к физической материализации

“Сейчас мы можем позволить себе думать о происхождении формы и структуры не как о чем-то навязанном извне и пассивно принятом нами, не как о непреложной данности свыше, ..., но как о чем-то, что может получиться из материалов, как о форме, которую мы выделяем из множества этих материалов, позволяя им «высказываться» в рамках тех структур, которые создаем именно мы.”

Манюэль Де Ланда (Manuel De Landa)⁹

Соотношение виртуального и материального сегодня, вероятно, представляет для архитектора куда больший интерес, чем вопрос об аналоговом или цифровом формате. Виртуальность означает некую не вещественную, а конкретизированную посредством своих характеристик, функции или воздействия сущность. Вопреки традиционно сложившемуся пониманию, противоположностью категории «виртуального» является не реальность, а категория «физического», или «материального».

Ключевым направлением нашего исследования был вопрос о том, каким образом можно трактовать компьютерное проектирование и дизайн не как разделение виртуально спроектированного и затем реализованного в материале, а как средство взаимодействия двух этих этапов. Однако для этого нужно сначала еще раз ясно отдать себе отчет в том, что все стерпит не только бумага. Обычные модели в САПР тоже не подчиняются законам физики, свойств материалов и динамических изменений конструкции. Изложенное выше концептуальное пересечение с классическими средствами разработки и проектирования делает естественное по своей природе

разделение формообразования и материализации в силу графического характера приложений в САПР неизбежным. То же самое можно сказать и о получающем все большее распространение так называемом «моделировании информации для строительства» (Building Information Modelling), поскольку в данном случае именно информация является следствием геометрических параметров, а не наоборот.

В случае с компьютерным проектированием и дизайном форма не определяется путем целого ряда шагов, выполняемых в ходе построения чертежа или моделирования, а генерируется с помощью строго определенных, основанных на заданных правилах процедур и описанных в форме тех или иных параметров связей. В отличие от САПР, компьютерное проектирование и дизайн делает явным взаимоотношение между формой, информацией и собственно становлением формы. Связанное с этим раскрытие взаимосвязей, вытекающих из алгоритмической разработки и обработки информации позволяет проектировщику вводить в процесс генерирования формы информацию о специфических особенностях и ограничениях материализации. Таким образом, компьютерное проектирование и дизайн позволяет понимать форму, материал, структуру и схему, конструкцию и технологию изготовления как системные взаимосвязи, в пределах возможностей которых может развиваться проект. Такая взаимозависимость виртуальной компьютерной модели и материальной конструкции в компьютеризированном процессе проектирования делает возможным осуществление нового вида синтеза при создании формы и материала.

От конструктивной рационализации к «информированному» проектированию

“Воплощенная форма – то, что мы в итоге видим – это результат вычислительного взаимодействия между внутренними правилами и (морфогенетическим) давлением извне, которые, сами по себе, берут свое начало в других, смежных с ними формах (экологии). (Доконкретные) внутренние правила содержат, в своем деятельном проявлении, некую встроенную форму, которая сегодня четко понимается и описывается термином «алгоритм».”

Сэнфорд Квинтер (Sanford Kwinter)¹⁰

Популярное обобщение «цифровая архитектура» сегодня зачастую противопоставляется дифференцированному подходу к применению компьютера. Причем для практики он имеет очень большое значение. Как же представить себе в абсолютно конкретном выражении различие между сегодняшним уровнем компьютеризованного проектирования и перспективными возможностями компьютерного проектирования и дизайна? Прояснить ситуацию, возможно, помогут примеры двух постро-

енных объектов. Первый сейчас с радостью прославляют как демонстрацию технически осуществимых на сегодняшний день возможностей, а второму уже исполнилось 35 лет, и он по-прежнему является новаторским. В рамках такого сравнительного рассмотрения речь идет, однако, не об оценке, а, скорее, о выявлении отличий в системном подходе к проектированию. Поэтому данное сопоставление может быть сконцентрировано и на какой-то одной части процесса создания сооружения, а именно, скажем – на эскизном проекте и, в дальнейшем, реализации несущей конструкции крыши.

Эскиз крыши уже построенного центра Помпиду (Centre Pompidou) в Метце (Шигеру Бан (Shigeru Ban), Жан де Гастен (Jean de Gastines), Ove Arup & Partners) был навеян формой плетеной китайской соломенной шляпы (см. стр. 482 и далее). Следуя этому художественному образу, цифровое формообразование основывается, по сути, на двух составляющих: во-первых, это определенная поверхность свободной формы с шестиугольником в периметре, и, во-вторых, – плоская регулярная модульная сетка «Kagome» из шести- и треугольников, которая проецируется на поверхность произвольной формы (рис. 3).

Сконструированная в программе САПР деформированной, с двойной кривизной модульная конструктивная сетка приводит к сложной геометрии несущей конструкции, в которой каждый из элементов крыши должен быть искривлен в пространстве по-своему, иметь свою, отличающуюся от других элементов геометрию. Таким образом, цифровое формообразование определяет, прежде всего, только геометрию крыши. После стадии эскизного проектирования следует сложный и тщательно продуманный процесс переработки на пути к планированию процесса производства, который принято называть пост-рационализацией созданной формы. Только на этом этапе инженеры разных специальностей и особенно в области геометрии применяют компьютеризованные методы, пытаясь шаг за шагом оптимизировать априори определенную геометрию с учетом возможностей изготовления. При этом в рамках автоматизированного процесса более чем 100 неразрезных сдвоенных несущих балок было разбито на 1790 сегментов, распределено на три вида заготовок из клееной древесины (прямые и изогнутые в одном и в двух направлениях) и подготовлено для производства в цифровом формате на деревообрабатывающем станке с ЧПУ. Но, в силу относительно линейного характера потока данных на этапе от за-проектированной архитектором в САПР модели до реализации на автоматизированном производстве фирмы-изготовителя, старания инженеров в рационализацию данного замысла не помогли избежать того, что до 50 процентов (!) заготовок из клееной древесины пришлось

обрабатывать снятием стружки, чтобы добиться заданной геометрии детали. Монтаж этой геометрически сложной крыши на строительной площадке осуществлялся путем поэлементной сборки отдельных деталей на подмостях.

Другая конструкция, тоже оболочка двойной кривизны из деревянной решетки воздвигнутого в 1975 году многофункционального концертного зала в Мангейме (Фрай Отто (Frei Otto), Карлфрид Мучлер (Carlfried Mutschler), Ove Arup & Partners), получилась не в результате формообразовательного процесса проектирования, а в ходе поиска такой формы. Этот подход основан на знании двух вещей: во-первых, того, что в результате переворачивания на 180° подвергнутой растягивающим усилиям подвесной фигуры в виде сетки с одинаковыми по размеру ячейками получается такая геометрия оболочки, в которой под действием собственного веса не возникает изгибающих моментов (рис. 1,2), и, во-вторых, такую оболочку можно создать с помощью шаблона для гибки, применив изначально плоскую сетку. Затем, в пределах заданных таким образом возможностей пространства, путем изменения важных параметров, например, стрелы кривизны и определения периметра подвесной сетки, искать конкретный образ крыши. Так возведение оболочки прямо на строительной площадке может использовать характеристики при изгибе изначально плоской решетки с квадратными ячейками из неразрезных деревянных планок. Ее лишь нужно приподнять в нескольких точках, и затем она принимает свою особую форму за счет изгиба деревянных планок и сдвигающего углового поворота ячеек (рис. 4). После затяжки всех шарнирных винтов, что обеспечивает прочное на сдвиг соединение планок, и благодаря закреплению решетки на опорных точках вся сложная форма большой пролетной крыши будет надежно зафиксирована.

В высшей степени примечательно то, что, по сравнению с Центром Помпиду в Метце, который своими шестью рядами балок из клееной древесины, каждая поперечным сечением 140 x 440 мм, простирается над пролетом длиной до 50 м, универсальный зал Multihalle в Мангейме в отдельных направлениях достигает длины 60 м, имея при этом всего лишь четыре балки из пиломатериала при поперечном сечении элементов всего 50 x 50 мм. Конечно, сравнение всего лишь по одному количественному критерию, например, отношению несущей способности к массе, в данном случае нельзя ставить во главу угла. Гораздо важнее выявить методические расхождения между подходами к проектированию: продолжения в цифровом формате традиционного разделения, основанного на первичности формообразования и последующей рационализации, с одной стороны, и изначально вооруженного максимальным объемом информации процес-

са проектирования, который предвидит возможности материализации и за счет этого предоставляет больше свободы для проектирования, с другой. Для наших исследований и/или для разработки комплексного подхода к становлению формы и воплощению ее в материале в рамках компьютерного проектирования и дизайна такие работы, как творение Фрая Отто (Frei Otto) представляются более новаторскими, чем многочисленные проекты современного архитектурного авангарда. При этом даже не столь важно, что в своих процессах поиска формы вместо машинного вычисления (Machine Computation), т.е. вместо работы с компьютером, Фрай Отто (Frei Otto) чаще применял вычисления в контексте материалов (Material Computation), то есть, «вычисление» он отдавал на откуп процессу самоформирования физической модели изнутри.¹¹ Уже один этот факт указывает на внутренний потенциал дальнейшего развития на базе ЭВМ.

От функциональной оптимизации к действенной интеграции

“Системы, из которых возникает форма, и системы, существующие внутри самих индивидуальных сложных форм, поддерживаются за счет потока энергии и информации, проходящего через систему.

Структура потока имеет постоянные вариации, адаптированные таким образом, чтобы поддерживать равновесное состояние посредством ‘обратной связи’ с окружающей средой.”

Михаэль Вайнсток (Michael Weinstock)¹²

Работы Фрая Отто, в силу своей специализированной исследовательской сферы, придерживаются принципов строительства с применением облегченных конструкций и по большей части таких технических критериев проектирования несущих конструкций, как отношение массы к несущей способности. Поэтому физические модели были вполне уместны, т.к. между найденной формой и ее характеристиками в роли несущей конструкции существует прямая связь, поскольку эта форма приспособляется к свойствам материала как равновесное состояние между внутренними и воздействующими на нее извне силами в зависимости от соответствующих свойств материала. Сегодня применение компьютера позволяет значительно расширить критерии проектирования. Так, наряду с техническими критериями, обусловленными функцией несущей конструкции, на разработку формы могут оказывать влияние и другие факторы, или «силы», например, пространственно-организационные, строительно-физические, однако эта форма в любом случае развивается в пределах возможностей материализации. Решающее отличие состоит в том, что такой учитывающий несколько критериев и существующий на базе ЭВМ процесс генерирования может иметь не одно, а несколько разных

«равновесных состояний». Таким образом, процесс проектирования является принципиально открытым.

Кроме того, за счет степеней свободы управляемых с помощью ЭВМ процессов производства можно значительно расширить спектр возможностей материализации. Об этом ясно говорит последняя ссылка на деревянные конструкции в рамках исследовательского проекта¹³: так, например, малейшее изменение поперечного сечения дранок с помощью управляемого от ЭВМ роботизированного станка для резки водной струей позволяет дифференцировать и индивидуально задавать характеристики дранок на изгиб (рис. 4,5)¹³. В результате становится возможным согласовать между собой в рамках взаимной подгонки общую форму, геометрию отдельных элементов и характеристики на изгиб и, таким образом, руководствуясь другими требованиями к проектированию, получить условные локальные разновидности одного решетчатого свода-оболочки. В отличие от линейной технологической цепочки – сначала САПР, затем автоматизированное производство, – компьютерное проектирование и дизайн предусматривает возможность создания «информационной петли» с прямой и тесной взаимосвязью между пространством решений компьютеризированного генерирования и особенностями и ограничениями изготовления с помощью ЭВМ. Отсюда и возможность дифференциации, то есть выделения вытекающего из взаимодействия с внешними факторами влияния и требований процесса все возрастающего структурного видоизменения элементов и организации системы.

Возможность дифференциации в компьютерном проектировании и дизайне играет главенствующую роль. Это означает, что рассматриваемые в настоящий момент изолированно с точки зрения методики проектирования частичные аспекты систем конструирования, например, физико-строительные, пространственно-организационные критерии или технические критерии, связанные с функцией несущих конструкций, могут стать частью комплексного процесса генерирования, в который непосредственно вовлечены сложные взаимосвязи, обусловленные свойствами системы и функциональными или действительными возможностями. Сложность таких взаимосвязей требует смещения вектора индивидуального рассмотрения формы в сторону выявления моделей поведения, формирующихся в ходе постоянно возрастающей дифференциации системы как локально в пространстве, так и во времени на протяжении всего процесса генерирования. Используемая в компьютерном проектировании и дизайне способность компьютера уравнивать множество факторов влияния, осуществлять множество разнообразных процессов и обрабатывать сложные взаимосвязи по-

зволяет выявлять такие разноплановые модели в процессе проектирования, изучать их и затем по-новому применять для достижения действительных способностей, являющихся следствием объединения в единое целое процессов становления формы и реализации в материале.

Возникающая при этом функциональная интеграция существенно отличается от до сих пор еще преобладающего в инженерно-технических отраслях знаний подхода, предусматривающего оптимизацию рассматриваемых по отдельности с функциональной точки зрения подсистем. Таким образом, компьютерное проектирование и дизайн основывается не на оптимизации единичных аспектов, а на развитой интеграции множества требований в едином генеративном процессе. В результате могут возникнуть комплексные архитектурные градиентные системы и структуры, не ограниченные лишь функциональным разделением на подсистемы, но в силу морфологического дифференцирования охватывающие целый спектр действительных требований в пределах нескольких системных уровней (рис. 8, см. стр. 454 и далее). Следовательно, применительно к отдельным критериям такие системы обладают структурным резервированием, зато в реально действующей единой системе они исключительно надежны. Эта форма дублирующей надежности служит еще одним существенным признаком комплексных процессов компьютерного проектирования и дизайна. Если вспомнить, что эскизное проектирование в архитектуре – это всегда внедрение в фактически еще неизвестное будущее, то в контексте архитектуры концепция надежности как основополагающей особенности созданных таким образом систем может содержать, конечно, и существенно более широкий смысловой объем. Дифференциация, неоднородность и надежность становятся при этом еще одним компонентом устойчивого экологического и экономического развития.

Развивающиеся в рамках такого подхода компьютерного проектирования и дизайна сложные материальные системы имеют фундаментальные отличия от разработанных сложных конструкций современной архитектуры. В противовес к ее зачастую доведенной до самоцели скрупулезности дифференциация таких систем является следствием различных фактически существующих исходных данных, пространственных, статических и климатических условий и требований. Во то же время действующие при этом компьютеризированные процессы гарантируют, что такое дифференцирование будет в любом случае происходить в рамках спектра возможностей материализации. Это означает, что в пределах «интервала поиска», заданного такими факторами, как материальность, конструкция и изготовление, можно и в самом деле найти новые оригинальные решения.

Компьютерное проектирование и дизайн раскрывает большие возможности для следующего поколения архитекторов. Все более сложным требованиям оно противопоставляет изначально комплексный подход к проектированию. В стесненных рамках жестко заданных условий проектирования оно добывается небывалой свободой реализации возможностей. Оно сводит воедино виртуальную концепцию и материальную конструкцию. Оно позволяет архитектору одновременно заниматься истинно практической деятельностью на стыке различных отраслей и осваивать новые сферы в точках сопряжения конструкторской, проектной и строительной деятельности. Разумеется, компьютерное проектирование и дизайн требует не только приобретения новых технических навыков, но прежде всего – переосмысления в контексте многих и глубоко укоренившихся в архитектуре правил. Для практической, учебной и научно-исследовательской деятельности это и отличный шанс, и колоссально сложная задача.

Примечания:

- 1 Латур Б. (Latour B.): «Осмотрительный Прометей?» Несколько шагов к философии проектирования. Программная лекция: собрание группы «Networks of Design» общества истории дизайна, Фэлмоус, Корнволл, 3.9.2008 (A Cautious Prometheus? A Few Steps Toward a Philosophy of Design, Keynote lecture: Networks of Design meeting, Design History Society Falmouth, Cornwall, 3.9.2008)
- 2 Хартри Д.Р. (Hartree, D.R.): «ENIAC, электронная вычислительная машина» (The ENIAC, an Electronic Computing Machine), публикация в журнале: Nature, том. 1958, 1946, стр. 500
- 3 Шрёттер Й. (Schröter, J.), Бенке А. (Böhneke, A.): «Аналоговый / Цифровой – противопоставление или континуум», Билефельд, 2004 г. (Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum, Bielefeld, 2004)
- 4 Терзидис Костас (Terzidis, Kostas): «Алгоритмическая Архитектура», Оксфорд, 2006 г., стр. XI (Algorithmic Architecture, Oxford, 2006, S. XI)
- 5 Альберти Л.Б. (Alberti, L.B.): De Re Aedificatoria, немецкий перевод: «Десять книг о строительном искусстве», Дармштадт, 1991 г. (Zehn Bücher über die Baukunst, Darmstadt, 1991)
- 6 Понятие формы здесь и далее охватывает все вытекающие из него аспекты как то: пространство, структура и образ.
- 7 Терзидис К. (Terzidis, K.): «Алгоритмическая Архитектура», Оксфорд, 2006 г. (Algorithmic Architecture, Oxford, 2006)
- 8 Во второй половине 60-х годов XX века пионерами в этой сфере стали, например, Гарвардская лаборатория компьютерной графики (Harvard Laboratory for Computer Graphics), где Эрик Тайхольц (Eric Teicholz) разработал такие программы, как GRASP (generation of random access site plans) или RUMOR (random generation and evaluation of plans), либо группа MIT Architecture Machine Group под руководством Николаса Негропонты (Nicholas Negroponte)
- 9 Ланда М. (Landa, M.). Немецкий: «Сложность материалов в цифровой тектонике», Чичестер, 2004 г., стр. 21 (Material Complexity in Digital Tectonics, Chichester, 2004, S. 21)
- 10 Квинтер Сэнфорд (Kwinter, Sanford): «Кто боится формализма», статья в издании «Далеко от равновесия», Барселона, 2008 г., стр. 14 (Who's afraid of formalism, in: Far from Equilibrium, Barcelona, 2008, S. 14)

- 11 Буркхардт Б. (Burkhardt, B.) (Hg.): Отчет по результатам исследования. Многофункциональный концертный зал в Мангейме, Штутгарт, 1978 г. (Forschungsbericht IL 13: Multihalle Mannheim, Stuttgart, 1978). Нельзя не упомянуть тот факт, что для выполнения самих расчетов несущих конструкций многофункционального зала уже тогда применялись компьютеры.
- 12 Вайнсток Михаэль (Weinstock, Michael): «Морфогенезис и математика проявления», в публикации «Проявление: морфогенетические стратегии проектирования», Лондон, 2004 г., стр. 17. (Morphogenesis and the Mathematics of Emergence, in Emergence: Morphogenetic Design Strategies, London, 2004, S.17)
- 13 Исследовательский проект Хиана Хуанга и Минхвана Парка, приглашенный профессор: Ахим Менгес, Гарвардский Университет (Jian Huang, Minhwan Park, Gastprofessur Achim Menges, GSD Harvard University)

Ахим Менгес (Achim Menges), профессор, диплом Архитектурной Ассоциации (с отличием) RIBA II, архитектор; директор института компьютерного проектирования в университете г. Штутгарта. С 2002 г. – преподаватель Лондонской Архитектурной Ассоциации (Architectural Association) в качестве руководителя мастерской в магистратуре в рамках программы новых технологий и дизайна (MArch/MSc).

страница 454

Мембранная кровля террасы Архитектурной Ассоциации в Лондоне

Архитекторы: Доценты и студенты магистратуры Лондонского института новых технологий и дизайна при Архитектурной Ассоциации (AA Emergent Technologies and Design)

Михаэль Хензель (Michael Hensel), Ахим Менгес (Achim Menges), Михаэль Вайнсток (Michael Weinstock)

Проектирование несущих конструкций:

*бюро Harpold, Лондон
другие участники проекта – стр. 549*

Постоянную защиту от погодных условий на террасе Архитектурной Ассоциации (Architectural Association) обеспечивает мембранная кровля. Она настолько прозрачна, что открывает виды на близлежащий Лондонский крышный ландшафт и, кроме того, предотвращает слишком высокое давление ветра. Руководствуясь поручением директора Архитектурной Ассоциации, доценты и студенты, совместно с бюро Harpold занимались разработкой, проектированием, изготовлением и конструкцией крыши. При этом компьютеризованные методы расчетов и проектирования, разработанные на протяжении нескольких лет исследовательской деятельности, должны были применяться и проходить испытания на практике.

Многочисленные требования

По причине высоких ветровых нагрузок и небольшой несущей способности террасы о крыше, площадь которой воспринимала бы ветровую нагрузку, не могло быть и речи, ведь конструкция должна опираться на три существующие опоры, которые могут лишь в незначительной мере воспринимать крутящие моменты, возникающие вследствие горизонтальных нагрузок, и сообщать их слабой несущей конструкции. Поэтому архитектурная группа решила дифференцировать мембрану на единичные части и по отдельности разрабатывать каждую из них. Система основана на соединении единичных частей, к которым предъявляются разнообразные эксплуата-

ционные требования по внешнему виду, светопропускной способности, ветровой проницаемости и защите от атмосферных воздействий, и которые с помощью специфических характеристик каждой конкретной части объединяются в единую систему. Каждая разработанная с применением большого количества аналоговых и цифровых системных тестов единица состоит из выдерживающей высокое давление стальной трубчатой рамы и прочных на растяжение элементов мембраны. Их геометрические и обусловленные свойствами материала характеристики были заложены в параметрическую модель. Именно она и легла в основу последующего интегрального процесса проектирования. Изменение структуры данной системы осуществляется посредством прогрессивного дифференцирования параметрической системы.

При этом взаимосвязь общей формы, способа соединения узлов, расположения и ориентации мембраны в конкретном месте имеют решающее значение для всех релевантных критериев проектирования: объема и форма крытого помещения, восприятие нагрузок, видимая прозрачность, воздухопроницаемость, светопропускная способность и отбрасываемая тень, а также контролируемый отвод дождевой воды. Будучи элементами, работающими на растяжение, предварительно напряженные поверхности мембраны являются неотъемлемым компонентом статической системы. Вместе с растянутыми канатами они способствуют повышению жесткости. Размеры и ориентация мембранных полотен рассчитывались таким образом, чтобы

Construction Manuals

All Construction Manuals with numerous drawings and photos. 23 x 29.7 cm

DETAIL
Edition



Interdisciplinary thoughts on the link between shell and room Planning aid for post shell construction design

With the "Interiors Construction Manual", the designer is presented with a practical aid, which consolidates all essential facts about expansions in the proven DETAIL construction manual format. The designer can use the manual on a daily basis during their work in the form of a reference book for relevant norms, regulations, key details and clear construction solutions using completed projects as examples. The manual delivers practical planning aids regarding expansions – namely in the form of a relevant basic evaluation of construction physics, fire protection, general requirements, expansion systems or openings. Concrete advice about integral planning stages, sustainability and energy aspects, interior materials and how to plan lighting rounds out the publication.

 **Interiors Construction Manual · NEW June 2010**

By Gerhard Hausladen, Karsten Tichelmann, 288 pages with numerous drawings and color photos, Hardcover edition: € 120.–+ postage/packing



Scroll online through the book
www.detail.de/cm-interiors

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG • Hackerbruecke 6 • 80335 Muenchen • Germany • Tel.: +49 89 38 16 20-0 • E-Mail: mail@detail.de

Order online at www.detail.de/books

обеспечивать минимальную площадь воздействия для ветровых нагрузок. Затем результаты этих расчетов на каждой стадии разработки подвергали проверке с помощью компьютерной программы Fluid – Dynamics в тесной связи с анализом несущей способности методом конечных элементов. При этом аэродинамические свойства составных частей так влияют на подгонку их локальных форм, что защита от ветра (воздушной тяги) сохраняется, а проницаемость поверхностей предотвращает слишком высокое давление ветрового подпора. Цель заключалась в том, чтобы свести к минимуму нагрузки на несущие конструкции и поперечные сечения стальных элементов. Кроме того, это упрощает изготовление в условиях учебно-производственной мастерской. Следующими ключевыми вопросами проекта были панорама обзорности, возникающая благодаря прозрачности системы, а также изменения затененности в процессе смены времен года. И то и другое испытывалось методом компьютерного моделирования. Столь важная для Англии функция, как отвод дождевых вод, также подвергалась компьютерному моделированию на каждом этапе разработки и сверялась с другими критериями проектирования (рис. 2а-с). При этом параметрическая система позволяет преодолеть четкую иерархию монофункциональных систем и объединять множество функций в одну конструктивную систему.

Параметрическая модель

Процесс компьютерного проектирования и дизайна (Computational Design) позволяет распознавать, понимать и применять даже очень незначительные изменения в конструкции с учетом их непосредственных влияний. В процессе работы проводился анализ различных геометрических конфигураций мембранной системы, а ее цифровая модель подвергалась многократной доработке таким образом, что в итоге удалось достичь гораздо более выверенного соотношения различных критериев благодаря локальной пригонке каждого узла. Сделать это из-за нелинейности причинно-следственных связей, которые необходимо было привести в соответствие между собой, было нелегко, что подтверждает следующее наблюдение: несмотря на то, что проблему больших горизонтальных нагрузок можно было бы решить за счет дифференцированной, проницаемой системы, в равной мере существовала и возможность такого локального ускорения воздушных потоков через проемы в системе, что это привело бы к значительному ухудшению комфорта пользователей. К тому же иногда дождь проникает под навес. Локальное ускорение воздушного потока уменьшается за счет увеличения проемов, однако в целом это затрудняет гравитационный сток дождевой воды. Таким образом, процесс генерации на базе ЭВМ служит основой

для высокоуровневой интеграции различных требований к системе.

От модели к производству

Окончательная форма и конструкция выстраивается как единство специфически дифференцированного разнообразия отдельных элементов, каждый из которых формируется, исходя из их положения в общей системе, действующих сил и влияний окружающей среды в тесной взаимосвязи с требованиями, существующими в конкретной ситуации. Тем не менее, геометрически отличающиеся друг от друга элементы подчиняются одному и тому же конструктивному принципу, основанному на нескольких концептуальных и выраженных в определенных параметрах деталях. Сложившаяся таким образом компьютерная информационная модель позволяет отбирать все значимые с точки зрения производства данные технические параметры для 600 имеющихся различной геометрии стальных деталей и создавать особые формы и шаблоны для 150 различных мембран. Стальные детали можно было изготавливать в цехе Архитектурной Ассоциации силами самих студентов, и затем наносить гальваническое покрытие. Раскрой мембран осуществлялся автоматически при помощи лазера у производителя парусов по разработанным на основе параметрической модели шаблонам (рис. 1). Края для крепления канатов периметру мембран подрубались в Центральном колледже искусств и дизайна Сант-Мартина. Из-за своего незначительного общего веса предварительно смонтированную частями крышу можно было возводить по месту без применения дополнительных конструкций. Перекрывающие друг друга полотна мембран способствуют значительному увеличению жесткости совокупной системы, которая образует консольную поверхность с опорой в трех точках. С момента первого нажатия клавиши и до окончания этого проекта прошло всего семь недель. Это говорит о том, что представленный морфогенетический подход к проектированию, основанный на синтезе формообразования и материальной составляющей, позволяет достичь высокого уровня дифференцирования, а также тесно связанных с ним эксплуатационно-функциональных возможностей и осуществимости в рамках реальных проектов.

Недавно, по прошествии двух лет эксплуатации, крышу заменили другой экспериментальной структурой.

Ахим Менгес (Achim Menges)

- 1 шаблоны мембраны
- 2 дождевой водосток
- a отвод на два угла
- b отвод на один угол
- c отвод через край
- 3 модель параметров

Разрез · План · Масштаб 1:20
Аксонометрия · Узел · Масштаб 1:2
Аксонометрия · Масштаб 1:5

Постоянные геометрические размеры:

- 1 стержень с винтовой резьбой, сталь оцинкованная, диаметр 10 мм
 - 2 гайка M10 и подкладная шайба, сталь оцинкованная
 - 3 фланец предварительного натяжения 40/10/2 мм
 - 4 винт M5 и подкладная шайба
 - 5 стальная труба, диаметр 12 мм
 - 6 стальное кольцо, приваренное, диаметр 14 мм
 - 7 канат для оттяжки мембраны, сталь, диаметр 2 мм
 - 8 канат для оттяжки, сталь, диаметр 2 мм
 - 9 мембрана – нейлон с ПУ-покрытием
- Параметрические переменные величины:
- V1 длина, стальная труба наверху и внизу
 - V2 длина и диаметр, стальная труба (16–21 мм)
 - V3 угол на упоре В 1 и В 2
 - V4 длина, канат для оттяжки мембраны
 - V5 длина, канат для оттяжки
 - V6 угол элемента $\alpha 1, \alpha 2$

страница 458

Павильон Австрии на выставке «Экспо 2010» в Шанхае

Архитекторы:

SPAN & Zeytinoglu, Вена

Сотрудники:

Александр Ярау (Alexander Jarau / руководитель проекта), Якуб Брауэр (Jakub Brauer), Корнелия Файст (Cornelia Faisst), Манфред Герман (Manfred Herman), Регина Хофер (Regina Hofer), Адам Вукманов (Adam Vucmanov), Оливер Бертрам (Oliver Bertram), Мартина Лесяк (Martina Lesjak)
Проектирование несущих конструкций:
Thomas Lorenz ZT GmbH, Грац
другие участники проекта – стр. 549

Выставочный павильон Австрии в Шанхае облицован красной и белой фарфоровой плиткой. Этот материал олицетворяет символическую связь между Китаем и Австрией и в то же время имеет важное культурное и историко-искусствоведческое значение в истории обеих стран. Форма павильона, наоборот, навеяла мысли о футуризме. Прототипом подвижной оболочки послужила сама природа со всеми присущими ей органическими и в то же время эффективными системами. С помощью комплексных трехмерных моделей параметрически заданные значения объемов максимально сближены, и наряду непрерывным формообразованием тесно связаны со светом и акустикой. Тема бесшовных переходов находит отклик и в главной смене колорита фасада, и в аэродинамическом дизайне баров и стоек, и в концепции срединного наполнения, а также в детальной проработке соединений. Внутри павильона посетители выставки встречаются впечатляющие ландшафты Австрии, начиная с самой высокой точки выставки – Альп – и заканчивая спуском к городским пейзажам в самой нижней её точке. Стене из темного тонированного стекла отведена роль информационно-просветительского стенда, а в главном помещении «видеожойкей» управляет транслирующимися на гигантскую проекционную поверхность в

300 кв. м визуальными анимационными роликами с качественным воспроизведением потолочной живописи эпохи барокко. Плавные изогнутые пространства представляют для этого оптимальный фон.

Топология и пространство

Подвижная оболочка павильона была инспирирована изогнутой формой красно-белой вазы мануфактуры дю Паке (Du Raquier) в стиле барокко и органическими формами природы. Связь с природой здесь имеет не метафорический характер, а вплетает имеющиеся в ней геометрические и математические системы непосредственно в проект. Разработанная для математиков программа позволила нам представить в числовом выражении комплексные геометрические формы и одновременно визуализировать их. Уже много лет в архитектуре мы занимаемся поверхностями с топологическими свойствами и некоторыми основополагающими темами, например, интеграцией проемов в сложные геометрические конфигурации или созданием плавных прокладок пешеходных и инженерных сетей внутри таких структур. Под топологией здесь следует понимать ту подобласть математики, которая занимается свойствами геометрических тел, а также дает высокоточное описание сложным криволинейным поверхностям, делая тем самым возможным их строительство. В нашем природном окружении такие структуры встречаются повсеместно. Примером для подражания для нас служит не только реальность форм, созданных природой, но, прежде всего, эволюционные процессы, которые

легли в основу важной стратегии проектирования, применяемой в нашем бюро. Мы управляем эволюционным развитием с помощью заданных параметров, ускорить наглядное представление которых мы можем благодаря компьютерным технологиям. Таким образом, речь идет не о визуализации какой-либо идеи, а об управляемом посредством параметров процессе нахождения формы, который может привести, в том числе, и к неожиданным результатам. Примером подобных параметров могут быть факторы окружающей среды, такие как солнечное излучение или давление ветра. Решающую роль при определении формы павильона сыграли акустические характеристики. Так, на основе параметров было найдено решение для зоны входа, органично введенной в объем и защищенной от попадания солнечного света и ветра, при этом уменьшение количества ортогональных форм внутри помещения значительно улучшает акустику. В образовавшихся «пространственных нишах» расположились, среди прочего, магазин, рестораны и VIP-зона.

Процесс возникновения

Непрерывное отображение топологического пространства возникает при постоянной трансформации гомеоморфного архитектурного тела. В качестве исходной формы мы сознательно избрали простую, считающуюся одной из основных, форму – прямоугольный параллелепипед. Такая форма задает рамки для топологической поверхности. В результате вычислений топологических алгоритмов с помощью компьютерных программ было получено более ста

незначительно отличающихся друг от друга поверхностей. Затем эти поверхности исследовали на их пригодность с учетом нескольких критериев, например, исполнение программы, производственная мощность как структурной единицы, общее впечатление (совокупный эффект). Этот процесс существенно сокращает количество вариантов, а из оставшихся в конце поверхностей с помощью алгоритмов (структурирование, сегментирование, оптимизация размеров) выбирается наилучшее решение. На стадии проектирования павильона мы отказались от физической модели и работали, пользуясь только соответствующим программным обеспечением. Кроме того, работа с моделью в электронном виде позволяет в любой момент получить для проектирования необходимые данные. И только на втором этапе появилась модель, выполненная на фрезерном станке с компьютерным числовым программным управлением в масштабе 1:100 и предназначенная для контроля за цифровой трехмерной моделью.

Реализация

После победы в общеевропейском конкурсе и эскизного проектирования, которое в качестве подрядчика выполнило бюро «SPAN & Zeytinoglu», к работе подключились «Alpine Meyreder», как генеральный подрядчик, и «Xiandai» – одно из крупнейших бюро в Шанхае – как местный проектный институт дизайнера. С помощью электронных моделей партнеры, специалисты по проектированию и фирмы-исполнители могли обмениваться между собой информацией о текущем состоянии проектных

Inspiration and techniques of steel in construction

Hardcover. Including DVD with additional product information. 23 x 29.7 cm.

DETAIL
Edition



The state of the art of steel in today's architecture

Steel is a distinctly versatile building material whose powers lie in wide-span constructions in the field of civil engineering as well as façade surfacing or of high-rise houses. Steel is very trendy. This can be seen not only with the growing number of skyscrapers in Asia; the material is also increasingly used in surface design. This publication about steel in construction is aimed at the promotion of steel as favoured construction and building material giving all necessary information to enable planners and decision makers to base their project conceptions and pre-design on steel solutions.

- Designing steel structures
- The economic benefits of steel in construction
- The basics of construction
- Steel products and fabrication
- The 21st century paradigm – High Performance Green Buildings

 featuring steel · NEW December 2009

With contributions from Andrea Bruno, Bollinger + Grohmann Ingenieure, Michael Davies, Markus Feldmann, Federico Mazzolani, Gerard O'Sullivan, Francis Rambert, Alexander Reichel, Llewellyn van Wyk. 224 pages. € 65.– + postage/packing



Scroll online through the book
www.detail.de/f-steel

работ. Так называемая модель BIM (building information modeling – «информационное моделирование на основе параметров сооружения»), в которую интегрирована наша трехмерная модель, виртуально соединяет здесь все необходимые для сооружения технические данные, например, данные о системах отопления, кондиционирования, вентиляции и канализации, данные о мультимедийной технике, а также о несущей конструкции и о форме объекта в целом. Результаты изменения, например, несущей конструкции, могут быть автоматически перенесены на весь диапазон изменений. Такая модель позволяет создавать рабочие чертежи и, базируясь на цифровых расчетах, непосредственно по месту изготавливать стальные детали на фрезерном станке с компьютерным числовым программным управлением.

На стройплощадке землемер с помощью 3D-сканера проверил через равные промежутки, совпадает ли построенное сооружение с моделью. Подобная обратная связь обеспечивает высокий уровень точности, поскольку все субподрядные работы могут быть взаимно отрегулированы, при этом не пересекаясь. Уже на конкурсном этапе было принято решение о строительстве павильона из металлоконструкций, т.к. после выставки все павильоны подлежат демонтажу. Вместе с фирмой «Agur» (Амстердам) мы разработали концепцию несущей конструкции, которая быстро монтируется и демонтируется и не противоречит идее непрерывности пространства. Чтобы в точности воссоздать требуемую форму, стальная несущая конструкция генерировалась из сечений, размещенных на всем протяжении трехмерной модели на расстоянии 60 см друг от друга.

Мозаика

Идея облицовки фасада мозаикой из фарфоровых плиток возникла по нескольким причинам. По существу этот материал устанавливает связь между Китаем, где производство фарфора было открыто более тысячи лет назад, и Австрией как старейшим производителем фарфора в Европе. Кроме того, укладка шестиугольных плиток по фасаду давала возможность получить постепенную смену красных и белых шестиугольников и тем самым передать мотив вазы мануфактуры дю Пакье. Решающее значение при этом имел размер самих плиток. Практика показала, что очень маленькие, диаметром 2,5 см, плитки лучше всего подходят для заполнения сложных поверхностей двойной кривизны. Для заполнения не ориентированной на шестиугольник формы в сумме потребовалось почти 10 миллионов плиток, однако, несмотря на 60 миллионов стыков, поверхность создает впечатление бесшовной. Кроме того, при возникновении напряжений большое количество элементов способствует их равномерному распределению по всей поверхности. Решение задач

по плавной смене цветов и укладке плиток потребовало нескольких месяцев работы над сценарием и параметрическим моделированием с целью достижения оптимального результата: теперь сложные геометрические конфигурации можно генерировать автоматически с помощью сценария выполнения программ – «скрипта». Такое расширение программы, осуществлённое собственными силами, позволяет выполнять ряд команд в определенном порядке и найти в результате оптимизированную форму. Так, при работе с нашим павильоном этот подход позволил определять размер модулей, градиентную заливку и стратегию укладки плиток.

Подложкой для мозаики послужили цементноволокнистые плиты, которые для изгиба были надрезаны с обратной стороны и смонтированы на стальной конструкции. На краях с небольшой степенью кривизны использовались выполненные на фрезерном станке фасонные детали из пенополистирола. После этого они вместе с цементноволокнистыми плитами были зашпаклеваны, гидроизолированы и облицованы плиткой.

Разрезы · Планы
Масштаб 1:500

- 1 вход для посетителей
- 2 выход для посетителей
- 3 тематическая выставка «Альпы»
- 4 тематическая выставка «Лес»
- 5 тематическая выставка «Вода»
- 6 тематическая выставка «Город»
- 7 зона средств массовой информации
- 8 секция для персонала
- 9 техническое помещение
- 10 VIP-ложа
- 11 магазин
- 12 помещения для выставок
- 13 офисные помещения
- 14 конференц-зал
- 15 VIP-зона
- 16 кухня
- 17 бар/ресторан
- 18 «Шанхайский дворик»

Разрезы · Масштаб 1:20

- 1 фасад:
мозаика фарфоровая 8 мм
клей для плитки
герметизирующее покрытие
шпаклевка 1,5 мм
цементноволокнистая плита 15 мм
труба стальная \varnothing 50/50 мм
труба стальная \varnothing 100/100 мм
между ними утеплитель
утеплитель – пенополистирол ППС 100 мм
ферма
плита противопожарная 25 мм
утеплитель 50 мм
гипсокартонная плита 15 мм
- 2 заготовка фрезерованная - ППС
- 3 конструкция крыши:
мозаика фарфоровая 8 мм
клей для плитки
герметизирующее покрытие
шпаклевка 1,5 мм
цементноволокнистая плита 15 мм
труба стальная квадратного сечения \varnothing 2х 50/50 мм
утеплитель – стекловолокно 100 мм

- алюминиевый профиль с теплоизоляцией 50 мм
гипсокартонная плита 15 мм
- 4 стальная несущая конструкция I 500-800 мм
- 5 акустический потолок - нетканое полотно с мелкозернистой штукатуркой
- 6 вентиляционный канал
- 7 остекленный фасад ресторана/террасы - стеклопакет
- 8 покрытие на основе эпоксидной смолы 3–5 мм
шпаклевка 25 мм
гидроизоляция – полиуретан 1,5 мм
композитная плита – профилированный настил / бетон 120 мм
профильный стальной двутавр I 700 мм
акустический потолок - нетканое полотно с мелкозернистой штукатуркой
- 9 пол террасы:
доски деревянные 15 мм
обрешетка деревянная, закрепленная стальными уголками 50 мм
защитный слой – бетон 40 мм
утеплитель – экструдированный пенополистирол 60 мм
гидроизоляция – двухслойная, битумная
цементная стяжка 20 мм
легкий бетон 35 мм
композитная плита – профилированный настил / бетон 120 мм
профильный стальной двутавр I 700 мм
акустический потолок - нетканое полотно с мелкозернистой штукатуркой

- A, B последовательность сечений с западной стороны, через каждые 60 см
C, D, E формообразование с учетом топографии (TopMod)
F параметрическое проектирование с помощью скрипта (программа редактирования графических алгоритмов «grasshopper»)
G градиентная заливка (McNeel Rhino)
H проверка мест соединений фасад / несущая конструкция (McNeel Rhino)
I проверка акустических характеристик (Ecotect)
J исследование фактуры поверхности (Maya)

страница 464

Офисное здание в Лондоне

Архитекторы:

Amanda Levete Architects, Лондон

Сотрудники: Хо-Йин Нг (Ho-Yin Ng), Гидон Фюрер (Gidon Fuehrer), Крис Генесте (Chris Geneste), Ссопен Агаард (Soren Aagaard), Алан Демпси (Alan Dempsey), Джон О'Мара (John O'Mara), Михаэль Митчелл (Michael Mitchell)

фасад: Frener & Reifer, Бриксен

Михаэль Райффер (Michael Reifer), Михаэль Пурцер (Michael Purzer)

другие участники проекта – стр.549

Стоит свернуть с одной из самых оживленных пешеходных улиц Лондона – Оксфорд-стрит – с ее многочисленными магазинами в узкий переулочек Хиллз Плейс, и все вокруг мгновенно затихает. Лишь несколько скудных лучей света пробиваются сюда из-за высоких построек. Именно в эту заброшенную боковую улочку – одну из немногих еще сохранившихся пока в центре Лондона – и решил вдохнуть новую жизнь застройщик с помощью необычных архитектурных приемов. Впечатляющее шестиэтажное офисное здание кажется чужеземцем среди распо-

ложившихся по соседству каменных собратьев из более ранних эпох и осторожно пристраивается к ним со своими мягкими изогнутыми контурами. Контраст между старым и новым стирается за счет практически дематериализованного фасада из алюминия. А когда небо затянуто тучами, здание визуально сливается с ними и почти совсем исчезает из вида. Но как только на изогнутые в трех измерениях элементы алюминиевой облицовки попадает свет, поверхность здания начинает переливаться с разной степенью яркости. Ночью три огромных, словно вылепленных в фасаде, «глаза» из стекла отбрасывают свет в темноту. Внутри здания нас тоже ждут неожиданные удивительные эффекты. Окна здесь кажутся просто гигантскими. От мрачной и стесненной обстановки на улице не осталось и следа. Наоборот, здесь царит атмосфера легкой и креативной рабочей среды, над которой не довлеет высокий стиль. Благодаря эффекту муарного рисунка, возникающему в цокольной части, где в стеклянные элементы с задней подсветкой интегрированы сетки из высококачественной стали и дихроические пленки, фасад словно приходит в движение.

Проектирование и изготовление фасада

С момента применения математической концепции для генерации и представления кривых и поверхностей (NURBS) в компьютерной графике появилась свобода творчества, а реализованные в масштабе 1:1 поверхности свободных форм стали едва ли не повседневным явлением в дизайне предметов обихода. В архитектуре намечается ярко выраженная тенденция к созданию оболочек зданий свободных форм. Правда, изготовление крупных, изогнутых в разных направлениях элементов конструкций представляется почти невозможным, ведь речь идет практически о штучных изделиях, а значит, расходы будут высоки: чуть ли не каждый отдельно взятый элемент становится прототипом. Поскольку в большинстве случаев поверхности свободных форм не могут быть выполнены в развернутом виде, и в то же время требуется искусное дорогостоящее трехмерное придание индивидуальных форм составным частям, очевиден метод тригонометрического определения точек поверхности. Однако на этапе проектирования этот способ очень трудоёмок. Благодаря технологиям раскатки и сварки, объединенным с новыми разработанными несущими конструкциями фасадов и соответствующим программным обеспечением, на базе классических приёмов жестяных работ можно заранее осуществить полную сборку элементов фасада в виде модулей. В результате дальнейшей промышленной разработки кровельного покрытия с вертикальными фальцами и применения технологии роликового формования с цифро-

вым управлением изготавливаются профили с вертикальными фальцами, имеющие разнообразные контуры поверхности, что позволяет описать практически любую изогнутую поверхность – в ущерб архитектурному изяществу в силу ярко выраженного структурирования стыков. Для первых проектов с применением свободных форм компания «Frener & Reifer» выбрала традиционный для ремесленных предприятий и исторически сложившийся в фирме подход к решению задач. Выполнение самых разнообразных металлических фасадов в комбинациях анализа геометрических параметров показало, что придавать конкретные свободные очертания поверхностям с незначительным изгибом можно за счет соответствующего выбора несущей конструкции, эластичной по форме.

Такие участки в этой фирме принято называть «послушными» (оптимальными) свободными формами (good free forms). Они четко распределены по категориям с учетом параметров изгиба в зависимости от материала. Остальные сильно деформированные элементы называют плохими («трудными») свободными формами (bad free forms). На них приходится в среднем 10 – 20% архитектурных поверхностей здания, генерированных NURBS; и их действительно приходится подвергать трехмерной деформации. Для таких процессов возможно применение механизированных ремесленных методов, например, формование под давлением. Однако такие методы чрезвычайно затратны и трудоемки, поскольку обрабатываемый лист доводится до конечной формы путем многократно повторяющихся операций по формованию. Поэтому по инициативе архитекторов для данного проекта был выбран новый подход:

так, в судостроении узлы судна уже давно разрабатываются по индивидуальному дизайну. Такой метод строительства позволяет конструировать, благодаря применению специальных алюминиевых прессованных профилей, практически любые изогнутые поверхности, выполняющие функцию обшивки. После монтажа элементов обшивки на каркасно-шпангоутную конструкцию поверхности смыкаются сваркой кромок, а профилированные швы заделываются герметиком на основе эпоксидной смолы. Лишь после окончательной сборки корпус судна грунтуют и покрывают жидким лаком, так что рисунок стыков становится практически незаметным.

После адаптации принципов судостроения к требованиям гражданского строительства система была внедрена в строительное производство с учётом процессов организации логистики, монтажных технологий и гарантии качества. Это потребовало разработки максимально стандартизированной несущей конструкции с соответствующими соединительными элементами для сборочного монтажа от-

дельных строительных узлов и стыковкой с предоставленной заказчиком первичной конструкцией.

Соединительные элементы должны отличаться экономичностью при изготовлении, удобством в процессе монтажа, а также должны препятствовать скольжению или вращательному движению фасадного покрытия относительно несущей конструкции. Соединительные элементы, частично снабженные тефлоновым покрытием, и избранная геометрия несущей конструкции позволяют выполнить это требование и получать обширные поверхности, создающие эффект полного отсутствия стыков. Геометрию поверхности здания определяет изготовленная с применением ЧПУ система несущей конструкции. Рамные шпангоуты располагаются в плоскостях сечения, которые выравниваются приблизительно перпендикулярно соответствующим участкам контура здания.

Отправной точкой проектирования сооружения из металлоконструкций была созданная в программе Rhino архитектурная модель, окончательно определившая покрытие здания. Для получения развёртки комплексной формы фасада была разработана общая проектная концепция, в основу которой положена параметрическая геометрическая модель, и которая учитывает индивидуальные характеристики отдельных частей строительной конструкции. Это средство проектирования обеспечивает идентификацию отдельных частей строительного процесса, включая проектирование, различные этапы изготовления, а также монтаж на строительной площадке. Чтобы лучше представлять себе этапы монтажа, оптимизировать все процессы производства и сборки, а также упомянутые ранее и требующие тщательнейшей проработки соединения деталей, был изготовлен прототип в размерах примерно 17х5х3 м, включая конструкции вторичного и третичного порядка. Кроме того, с целью проведения всех необходимых испытаний новой системы, согласно соответствующим техническим нормам, была построена испытательная поверхность размером примерно 3х3х1 м (изогнутая трехмерная геометрия), геометрические параметры которой были приведены в соответствие с опытными установками испытательного института.

Весь проект был осуществлен совместно с Штуттгартским университетом (IBK II – проф. Штефан Белинг (Stefan Behling)), что позволило обеспечить обмен информацией и мнениями между проектировщиками и изготовителями, а также совместную разработку инструментарий для реализации проектов свободных форм.

Благодаря дальнейшей разработке системы судостроения и формированию на ее основе стандартизированной системы строительных элементов с соблюдением принципов обеспечения качества появилась возможность предлагать заказчику понят-

ные и поддающиеся расчетам решения. Эффективное планирование и материально-техническое снабжение обеспечили возможность надежного управления монтажными работами, которые из-за большого количества деталей требуют больших затрат времени, и в то же время позволили четко организовать весь процесс строительства. Высококачественные материалы служат гарантией долгого срока службы этой системы: алюминий для профильных конструкций и подбираемая в зависимости от статических требований сталь – для несущей конструкции.

Оба строительных материала считаются полностью поддающимися переработке и вторичному использованию, их легко снять и демонтировать. Таким образом, экологический баланс конструкции оценивается положительно.

Михаэль Пурцер (Michael Purzer)

Ситуационный план
Масштаб 1:2000

Разрез - План
Масштаб 1:400

Проектная конструкция фасада

- 1 водосточный желоб – высококачественная сталь, отступает от плоскости фасада
- 2 облицовка – высококачественная полированная сталь
- 3 каркасно-шпангоутная конструкция - фанера, фрезерованная на станке с ЧПУ
- 4 фанерная обшивка
- 5 гипсовая штукатурка, окрашенная
- 6 древесностружечная плита
- 7 утеплитель
- 8 консоль стальная оцинкованная
- 9 алюминиевый фасад

Разрез
Масштаб 1:20

- 1 сэндвич-панель – алюминий 3 мм, порошковое покрытие
утеплитель – толщина не менее 60 мм
кровельная рулонная гидроизоляция
фанерный лист 19 мм
- 2 раскос – сварной из листовой стали 12 мм
- 3 фанера 6 мм, шпаклеванная
несущая конструкция – дерево 34/50 мм
фанерный лист 19 мм
- 4 держатель стеклянных швертов
сталь высококачественная полированная 5 мм
- 5 стеклянный шверт – безосколочное стекло, 3х 12 мм полузакаленных стекла
- 6 стеклопакет с нанопокрытием, самоочищающийся, однослойное безосколочное стекло 10 мм + промежуток 16 мм + многослойное безосколочное стекло 2х 10 мм
- 7 лента алюминиевая 140 мм, предварительно гнутая с резиновым уплотнением, герметично закрепленным на несущей конструкции из изогнутых алюминиевых профилей
- 8 жесткий пенопласт 60 мм
- 9 водоотводная труба
- 10 фанера 6 мм, шпаклеванная
пароизоляция
минеральное волокно 120 мм между несущими конструкциями
гидроизоляция паропроницаемая
цементноволокнистая плита 15 мм, огнеупорная
шпангоутная система
фанера, фрезерованная на станке с ЧПУ

- 11 встроенный в пол светильник, светодиодный
- 12 фальшпол в металлической раме
плоское перекрытие 140 мм на стальной несущей конструкции
- 13 облицовка из листовой высококачественной полированной стали 2 мм
- 14 древесина твердых пород 24 мм
жидкое уплотнительное средство
утеплитель 160 мм
пароизоляция

страница 470 Образовательный центр Rolex в Лозанне

*Архитектор: SANAA, Токио
другие участники проекта – стр. 549*

Федеральная политехническая школа Лозанны (EPFL) расположена в уникальном месте – на северном берегу Женевского озера. Парусные лодки прочерчивают элегантно линии на стальной синеве водной глади на фоне ледников, покрывающих горный массив, возвышающийся на 4000 м. Не лишено своеобразие и новое сердце кампуса: прозрачный прямоугольник размером 166 x 121 м волноподобен, как холмы окружающего моренного ландшафта, в котором словно вырублены 14 круглых дворов-патио диаметром от 7 до 50 м. Образовательный центр на нижнем этаже площадью 17 000 м² выполняет разнообразнейшие функции, стимулируя обмен знаниями в самых разных областях науки и необычной атмосферой привлекая ведущих научных работников из разных стран. Своей нестандартной концепцией и органическим архитектурным стилем формообразования скульптурированное пространство идеальным образом воплощает ценности высшей школы и олицетворяет принципы прозрачности, сотрудничества и инновационного подхода, не выходя за установленные рамки.

Что же представляет собой Образовательный центр? Это своего рода микрокампус внутри кампуса. В едином пространстве размещены библиотека, рабочие места, кабинеты, кафе, ресторан, книжный магазин, филиал банка и многофункциональная аудитория – и все это практически без перегородок, дверей и коридоров. От обычных унылых больших офисных помещений здесь нет и следа. Куда бы ни падал взгляд – повсюду неординарные виды, ракурсы и перспективы, расширенные или суженные места, но, прежде всего волнообразные полы с уклоном до 30°, которые чаще всего стремятся вслед то и дело взмывающим ввысь потолкам и превращают пространство высотой 3,30 м в по-настоящему впечатляющий ознакомительный маршрут. Посетитель поднимается из подземного гаража на панорамном лифте и, воспользовавшись одной из трех специально разработанных наклонных подъемных платформ, попадает в любую секцию здания. Выполненные наподобие обзорных террас гори-

зонтальные надстройки позволяют устанавливать скамьи и ряды стульев даже там, где плита пола наклонена. В зависимости от требований закругленные прорези заданных размеров либо открыты и защищены от доступа лишь светорассеивателем из белого тянутого цельнорешетчатого металла, либо акустически отделены прозрачными стеклянными витринами, либо закрыты гипсокартонными стенами. Совершенно особое впечатление производит предназначенное для устройства открытых кафе и других целей свободное пещерообразное пространство под благородно поблескивающими гладкими бетонными сводами-оболочками, создающими эффект «шестого фасада». Несмотря на то, что полы здесь ровные, переход от светлого к темному, от высокого к низкому выражен еще более ярко, чем в самом здании. Воплощение амбициозного проекта в реальность и сохранение такой необходимой легкости и прозрачности потребовали невероятных усилий. Вряд ли кому-нибудь придет на ум, что крыша, создающая впечатление бетонной мембраны, возведена из стальных и деревянных несущих конструкций.

Архитектура как ландшафт – Разговор с SANAA

Detail: Ваше здание очень необычно; как правило, в университетских зданиях используются плоские потолки, полы, коридоры и двери.

Рюе Нишизава (Ruye Nishizawa): Идея с волнообразными уровнями родилась из самой задачи. Земельный участок имеет две принципиально различные стороны: на севере располагаются университетские корпуса, на юге – Женевское озеро и альпийская панорама, и эту связь от университетской части к берегу ни в коем случае нельзя было потерять.

Казуйо Седжима (Kazuyo Sejima): Вы просто представьте, что здание имеет 160 м в длину и 120 м в ширину. Мы хотели получить одноэтажную постройку, где все функциональные зоны были бы расположены на одном уровне, но так, чтобы в любом месте пространства можно было легко сориентироваться, и одновременно организовать «прозрачный» центр.

Рюе Нишизава (Ruye Nishizawa): Кроме того, студенты приходят сюда с разных сторон, и мы хотели создать центральный вход, который должен был находиться в середине здания. Но как этого добиться в одноэтажной постройке? Задача была в том, чтобы из библиотеки и ресторана, с возвышенной точки наблюдения открывался вид на озеро. Идею с расположенными друг над другом этажами с лестницами мы отклонили и соединили нижний и верхний этажи с помощью плавных, наклонных полов и потолков. Так возникла волнообразная форма.

Detail: Топография – это тоже сложная задача.

Рюе Нишизава (Ruye Nishizawa): Конечно, для кого-то постоянно ходить вверх и вниз в пределах одного этажа может быть затруднительно, но вместе с тем это может доставлять удовольствие; в многофункциональном пространстве уклон служит естественной возвышенностью для рядов сидений – это очень практично. Глядя на открывающееся озеро, чувствуешь себя частью окружающего ландшафта.

Detail: А изогнутый потолок – это небо?

Казуйо Седжима (Kazuyo Sejima): Если вы внимательно посмотрите на потолок, то заметите, что его поверхность выполнена без всяких излишеств. Мы специально избегали каких бы то ни было впадин, чтобы сохранить это впечатление. Отдельные функциональные зоны разделены с помощью световых эффектов. При этом потолок меняется не только от дневного света, но и направляет искусственный свет обратно в помещение независимо от того, откуда он исходит – от фасадных прожекторов, настольных или напольных ламп.

Detail: Особенно очаровательно смотрятся круглые дворики, но из-за этого затрудняется ориентация в здании, поскольку внутри здания четыре основных направления полностью перестают ощущаться.

Казуйо Седжима (Kazuyo Sejima): Дворики создают контакт с окружающим миром даже в середине здания и обеспечивают прозрачность свободных зон под бетонной оболочкой. Разумеется, здание не просматривается по всей его длине. Из-за изгибов пола и потолка видно лишь пространство до следующего «холма». Только после того как обойдешь все здание, становится понятна его организация. И начинаешь ориентироваться, как на местности.

Detail: Что Вы хотите добиться своей архитектурной концепцией?

Рюе Нишизава (Ruye Nishizawa): Нам самим было бы интересно посмотреть на то, как пользователи будут разными способами осваивать эти необычные помещения. Нам хотелось бы, чтобы открытость помещения побуждала к контакту и обмену и стимулировала новые инициативы.

Цифровые технологические цепочки

Геометрия послойных элементов несущей конструкции Образовательного центра Rolex определяется очертаниями малой и большой бетонных оболочек, образующих большую часть опорной плиты регулируемого этажа и расположенных на перекрытии над подземным гаражом (рис. 1, 4). Это перекрытие благодаря предварительному напряжению выступает в качестве горизонтального упора для оболочек, вертикальная нагрузка от которых через стены нижнего этажа передается на основание.

На арочных и расположенных между ними или снаружи горизонтальных, плоских железобетонных участках лежит легкая комбинированная крыша из дерева и стали, с шагом колонн 9x9 м. В процессе конкурса и на первых стадиях проектирования архитекторы разработали геометрию оболочек и, следовательно, всего проекта посредством физических моделей. Подобно топографической модели различные высоты были изображены послойно. Эти модели послужили основой для первых цифровых чертежей, горизонталы которых были заимствованы из послойных моделей (рис. 1а, b). Первые цифровые трехмерные модели поверхностей были генерированы из этих чертежей и послужили основой для первых приблизительных расчетов методом конечных элементов, для которых поверхности в свою очередь были трансформированы в мелкочастистую сетку (конечные элементы) (рис. 2).

Эти модели позволили произвести оптимизацию формы. Главным при этом было то, что работа всегда производилась со сплошной цельной поверхностью, из которой вырезались отдельные дворики-патио. Благодаря этому удалось быстро реализовать изменения геометрии двориков в ходе проектных работ без повторного генерирования поверхности.

Архитектурная модель против инженерной модели

Форма поверхности на стадии проектирования также подверглась изменениям. Здесь требовалось очень тесное сотрудничество между архитекторами и инженерами-конструкторами, чтобы можно было согласовать различные и отчасти противоречивые оптимизационные критерии для несущей конструкции, эксплуатации и целенаправленного архитектурного облика. Так, параллельно разрабатывались и совершенствовались две модели: архитектурная модель, отображавшая желаемую геометрию оболочек, и так называемая инженерная модель, основанная на верхнем сечении оболочек. Это верхнее сечение предупреждает возникающие расчетные долговременные деформации оболочек, чтобы максимально приблизиться к желаемой архитектуре геометрии в конечном деформированном состоянии здания. Сгенерированная таким образом геометрия на следующих этапах стала основой для рабочего проектирования и, наконец, реализации проекта. На этой стадии проектирования, прежде всего, требовалось определить объем разрабатываемых чертежей металлоконструкций, оболочек и арматуры и согласовать с планируемыми методами производства строительных работ.

От опалубочного 3D-чертежа к фрезерному станку с числовым программным управлением (ЧПУ)

Технические данные и двухмерные чертежи, общепринятые в строительстве над-

земных сооружений, в этом случае были полезны только на отдельных участках. Для проектирования опалубки частично были предоставлены координатные данные. При этом необходимо было определить, какая информация должна измеряться с помощью глобальных координат в системе GPS, например, форма краев внутренних двориков, а какая может размечаться прорабами относительно локальных осевых линий. Координаты были переданы геодезисту в виде таблиц Excel и дополнительно, в целях проверки, изображены на планах. За основу конструкции опалубки была взята трехмерная модель поверхности (рис. 9). Сама опалубка включает опалубочные столы размером 2,5 x 2,5 м, которые состоят из деревянной опорной конструкции, семи закрепленных на ней деревянных шпангоутов и ламинированной древесноволокнистой плиты в качестве опалубочной обшивки. При этом геометрия обшивки определяется отфрезерованными в соответствии с формой шпангоутами (рис. 10). В рамках рабочего проектирования виртуальная модель была доработана таким образом, чтобы автоматически выдавать необходимую информацию для компьютеризованного раскроя шпангоутов и передавать ее на станки с ЧПУ. Для таких автоматизированных процессов необходимы соответствующие механизмы контроля, чтобы не допустить ошибок, которые могут возникнуть в любом звене технологической цепочки. Например, благодаря взаимозависимости конструкции и щитов обшивки расчетные данные для изготовления обшивки снова соединялись в отдельной 3D-модели, и найденная таким образом поверхность сопоставлялась с оригинальной моделью. Еще одним важным аспектом был автоматический анализ 3D-моделей, который производится с помощью скриптов, простой формы программирования. Скрипты позволяют эффективно обрабатывать и оценивать основанные на стереотипных правилах повторяющиеся задачи. Наряду с экономией времени и большой точностью в результате автоматизации обеспечивается сокращение монотонных и, следовательно, чреватых ошибками операций.

Арматурные 3D-чертежи

Арматурные чертежи частично так же были изготовлены с помощью скриптов. Это коснулось, прежде всего, опорных узлов оболочек. Арматура, заанкеренная в опоре, должна быть заделана без отклонений, чтобы позднее ее можно было соединить с арматурой оболочек и установить опалубочные щиты (рис. 3). Выбранное решение базировалось на расположенных в опорной части одна за другой двух пустотах. Каждая из этих в общей сложности 400 пустот имела свою геометрию, которая, однако, описывалась несколькими простыми правилами, так что применение скриптов и здесь позволило значительно облегчить работу.

3D-модель стальной крыши и деревянных балок

Детальная и автоматизированная обработка в рамках 3D-модели требовало и проектирование стальной крыши. Расположенные в направлении север-юг главные балки путем сегментирования были адаптированы к криволинейной геометрии. При этом необходимое количество и длина сегментов зависели от допустимых отклонений, которые определялись конструкцией подвесного потолка и фонарей на крыше и составляли от 10 до 35 мм. Для второстепенных балок, ориентированных в направлении запад-восток, была выбрана клееная древесина, поскольку ей путем фрезерования можно было придать форму, повторяющую геометрию крыши. Аналогично элементам обшивки бетонных плит, здесь автоматически генерировались схемы раскроя, и необходимые данные подавались на фрезы с ЧПУ (рис. 7, 8). Проектирование Образовательного центра Rolex в Лозанне потребовало не только согласования меняющегося содержания чертежей между всеми участниками процесса, но и нового подхода к составлению чертежей. Опыт, приобретенный в ходе работы над этим и другими проектами со сложной трехмерной геометрией, показывает, что применяемый ранее 2D-чертеж все чаще проигрывает 3D-проектированию в чистом виде.

Клаус Боллингер (Klaus Bollinger), Манфред Громанн (Manfred Grohmann), Агнесс Вайландт (Agnes Weilandt)

- 1 главный вход
- 2 кафе, бар, столовая
- 3 наклонный подъемник
- 4 банк, книжный магазин
- 5 кабинеты
- 6 многофункциональная площадь
- 7 библиотека на террасе
- 8 рабочие места
- 9 двор-патио
- 10 ресторан с видом на море

Открытый архитектурный ландшафт

- 1 южная сторона: столовая, бар
- 2 северо-восточный угол: офисная зона
- 3 северо-западный угол: книжный магазин, офисы
- 4 юго-западный угол: аудитория / многофункциональная зона
- 5 первый «холм» после зоны приема посетителей: справа внизу располагаются главный вход, многофункциональная зона, бар и книжный магазин, наверху (направо) ресторан и библиотека, а также научно-исследовательские зоны (налево)

Разрез · Масштаб 1: 200

Разрез · Фасады по периметру здания · Масштаб 1:20

Горизонтальные разрезы · Масштаб 1:5

A Фасады по периметру здания, северная/южная/западная/восточная сторона:

В плоские стекла
силиконовый шов с точечным скрытым держателем стекла в промежутке между стеклами
Фасад двора-патио: изогнутые стекла
Различные горизонтальные движения плиты основания и крыши требуют эластичного крепления линейными прижимными планками.

- 1 гидроизоляция из ПВХ, светло-серая минвата 220 мм
пароизоляция
несущая конструкция на плоских участках: стальной настил с трапециевидным гофром 80 мм
главная балка – профильный стальной двутавр IPE 400, шаг 9 м, длина 9 м
второстепенная балка – профильный стальной двутавр IPE 300, шаг 3 м, длина 9 м (несущая конструкция на криволинейных участках: профилированный настил криволинейный 26 мм
главная балка – профильный стальной двутавр IPE 400, изогнутый в нескольких местах, шаг 9 м, длина 9 м, длина сегмента 3 м
второстепенная балка BSH из клееной древесины, криволинейная 360/200 мм, верхняя и нижняя сторона, фрезерованные под углом, длина 9 м, шаг 1,50 м)
ветровая связь – полосовая сталь
- 2 солнцезащитные ламели
- 3 солнцезащитное остекление тип А (изогнутое в зоне патио, тип В) однослойное безосколочное стекло 10 мм + промежуток 14 мм + многослойное безосколочное стекло 12 мм, коэффициент теплопередачи $k = 1,1 \text{ Вт/м}^2$, $g = 58\%$
- 4 стойка фасада – профиль стальной Т-образный 70/90/10 мм
- 5 покрытие звукопоглощающее 8 мм
слой звукоизоляции 25 мм
гипсокартонная плита 12,5 мм, криволинейная
несущая конструкция – алюминиевые направляющие
- 6 опора круглого сечения – композитная конструкция со стальной трубой $\varnothing 127 \text{ мм}$
- 7 ковровое покрытие
стяжка бесшовная армированная 80 мм, с встроенным подогревом / охлаждением
пленка
теплоизоляция 350 мм
пароизоляция
железобетон С 50/60, армированный волокном, бесшовная, криволинейный 600 мм
щебень известняковый 150 мм
- 8 гидроизоляция
железобетон 280 мм или 600 мм на опоре с интегрированным устройством для предварительного напряжения (натяжной канат дуги вышерасположенной оболочки)
- 9 плита пола в подземном гараже – железобетон 250 мм
буронабивные сваи $\varnothing 500, 600, 900 \text{ мм}$, глубина 14–20 м

- 1 архитектурные модели на основе горизонталей:
 - a конкурсный этап
 - b концепция на стадии проектирования
- 2 анализ криволинейности конструкции: накладка модели поверхности и сетки конечных элементов
- 3 3D-армирование опор
- 4 армирование большой оболочки, малая оболочка на заднем плане готова
- 5 вид крыши после завершения строительства
- 6 вид на опалубку перед бетонированием
- 7 бетонная оболочка с комплексной крышей из стали и клееной древесины
- 8 вид · конструкция крыши · масштаб 1:3000
- 9 конструктивная 3D-модель опалубки
- 10 опалубочный стол

В 1983 г. Клаус Боллингер (Klaus Bollinger) и Манфред Громанн (Manfred Grohmann) основали инженерное

бюро Bollinger und Grohmann, которое сегодня насчитывает около 100 сотрудников во Франкфурте-на-Майне, Вене, Париже и Мельбурне. Агнесс Вайландт (Agnes Weilandt) работает в этом бюро в должности руководителя проектов с 2006 года.

страница 498

Новое место в городе – город в новом месте

Herzog & de Meuron

Построенная на месте портового склада Эльбская филармония символизирует район города, о котором многие знали, но который никак нельзя было назвать впечатляющим. В будущем это место станет центром общественной, культурной и повседневной жизни для всех жителей Гамбурга и гостей города из разных стран. Портовый склад А был построен в 1963–1966 годах по проекту Вернера Каллморгена (Werner Kallmorgen) и до конца прошлого века использовался для хранения какао-бобов. Расположившись на массивной старой постройке из красного кирпича и в точности сохраняя ее размеры по периметру, новый комплекс будет вздыматься ввысь прямо из стен прежнего склада (рис. 1). Однако наружные и внутренние боковые стороны этой надстройки никак нельзя назвать продолжением спокойных, архаичных форм старого здания: широкими, смеющимися друг друга волнами крыша то взвивается ввысь до наивысшей точки здания – 110 м, то уходит вниз на 30 метров в самой нижней части с восточной стороны. Внутренняя сторона складской надстройки тоже в движении: большие, плоские и крутые своды задают конкретные пространственные зоны. В отличие от монументального кирпичного фасада портового склада стеклянный фасад, изготовленный из имеющих кривизну и частью надрезанных стеклянных панелей, превращает надстроенный корпус филармонии в огромный кристалл, внешний вид которого постоянно меняется: он ловит на себе отражения неба, воды и города и объединяет их в единый загадочный образ.

Главный вход располагается с восточной стороны портового склада. Длинный эскалатор, ведущий на крышу склада, слегка изогнут, так что конечный пункт движения не виден (рис. 3). Само движение по эскалатору вполне можно назвать «приключением в пространстве», ведь путь проходит через весь склад у большого панорамного окна. В верхней части склада, словно новая площадь, над городом раскинулась большая терраса – «Глаза». «Глаза» находится прямо на крыше старого склада и непосредственно под новой постройкой, и таким образом служит своего рода большим соединительным стыком между частями здания. Возникает новая публичная зона с уникальной панорамой. «Глаза» вмещает в себя ресторан, бар, кафе и холл отеля, отсюда же можно попасть и в фойе новой филармонии. Расположенные на

бортиках, подобные аркам, проемы «Плазы» открывают взору бескрайнее небо и создают зрелищные, поистине театральные виды на Эльбу и центральную часть Гамбурга (рис. 4). А внутрь раскрывается нависающая ниша, ведущая вверх и визуально открывающая пути от «Плазы» на различные уровни фойе.

Новая филармония – это не только дом музыки. Это целый жилой и культурный комплекс, включающий концертный зал на 2100 и зал камерной музыки на 550 мест. Своеобразным обрамлением этих двух ключевых функциональных зон служит 5-звездочный отель, а также соответствующая инфраструктура, например рестораны, спа-центры, конференц-залы и квартиры класса «люкс». Проект филармонии – это поистине детище 21 века, которое еще совсем недавно нельзя было даже вообразить. Конечно, понимание филармонии как пространства, где оркестр и дирижер находятся в центре внимания публики, а архитектура зала и расположение ярусов определяются акустическим и визуальным восприятием музыки, артистов и публики, было сохранено. Но в данном случае эта логическая мысль привела к нетривиальному результату. Расположенные на более высоком уровне ярусы вклиниваются в общий зал. Сами ярусы, стены и потолок образуют пространственное единство. Люди, зрители и музыканты вместе определяют пространство. А само пространство имеет ярко выраженную, взмывающую вверх вертикальную структуру и напоминает палатку, в которой 2100 человек собрались, чтобы поиграть и послушать музыку.

Устремленная ввысь форма зала стала формообразующей расчетной схемой для всего каркаса здания и соответствующим образом запечатлена в его силуэте.

Digital Technology Group

Масштабы деятельности бюро Herzog & de Meuron, постоянно возрастающие объемы и сложность проектов потребовали изменения его организационной структуры. При реализации некоторых проектов сложность и объем необходимых данных растут в геометрической прогрессии, а циклы проектирования, наоборот, становятся все короче и все быстрее. Чтобы достойно справляться с уникальными, сложными и разнообразными задачами, которые ставит перед нами наш концептуальный подход к проектированию, из команды проектировщиков в структуре нашего бюро мы выделили специальную группу, которая будет вплотную заниматься цифровыми технологиями – Digital Technology Group. Эта группа обеспечивает сопровождение процесса проектирования и при работе со сложной геометрией и нестандартными требованиями помогает разрабатывать гибкие инструменты, соответствующие концепциям проектов.

Мы используем компьютер как средство, способствующее эффективному обмену

идеями, техническими данными и другой информацией с инженерами и консультантами. Компьютер – это мощный инструмент для построения и параметризации сложных пространственных связей. Он крайне полезен при переходе от проекта к производству в рамках непрерывной технологической цепочки. Однако мы никогда не используем компьютеры как инструменты для поиска форм и, тем более, для замены творческого процесса проектирования в ходе диалога и взаимного обмена мыслями внутри проектной группы. Компьютер никогда не сможет заменить концептуальное мышление и интуитивное видение. Он выступает лишь в качестве дополнения большой палитры инструментов (моделей, рисунков, диаграмм, фотографий и т.д.), которые применяются нами при создании эскизов и проведении расчетной и конструктивной проработки проектов. Развитие цифровых способов проектирования подразумевает разработку адаптированной под определенную концептуальную идею программы. Чтобы отвечать требованиям динамики процесса проектирования, программа должна, с одной стороны, иметь модульную и гибкую структуру, а с другой – предусматривать возможность простой коррекции параметров проекта. Главная задача состоит в том, чтобы трансформировать архитектурную концепцию проекта в параметризируемую структуру данных и разработать и запрограммировать алгоритмы, отображающие архитектурную концепцию проекта.

Концепция фасада

Проект фасада новой постройки – однослойный стеклянный фасад, возведенный поэлементным способом монтажа – был задуман в начале 2006 года. Помимо соответствия разнообразным техническим требованиям он как «стеклянный объем» ведет совместную «игру» с кирпичной архитектурой здания склада. Посредством архитектурного языка он связывает комнаты отеля, офисы, примерные, гардеробы, помещения для звукозаписи и репетиционные залы, бары, квартиры, с техническими зонами, фойе, решает другие функциональные задачи и учитывает различные предъявляемые к ним требования за счет применения разнообразных базовых моделей в зависимости от того, где находится то или иное помещение (рис. 5, 6). Чтобы связать конкретные функции помещений с внешним пространством, в массивной стеклянной оболочке выполняются разрезы, проемы и модельные формы. При этом было очень важно и сохранить естественную вентиляцию, и в то же время учесть специфические для данного месторасположения шумы и запахи окружающей гавани и Эльбы. Деформируемая геометрия стеклянных элементов создает проемы в фасаде, поверхностные отражения превращают стеклянный корпус в живой организм, меняю-

щий свои облики в зависимости от места, погоды и угла обзора. Здесь используются два основных типа остекления в различных вариантах исполнения:

Тип 1: Стеклопакет

Благодаря «вытянутой» из общей плоскости остекления боковой кромке, на стыке с соседним плоским стеклом возникает полость сводчатой формы, гармонирующая с вполне материальным характером черных алюминиевых профилей (рис. 7). Созданная таким образом перпендикулярная фасаду плоскость среза обеспечивает прямую вентиляцию через потайные овальные вертикальные поворотные створки. Наряду с помещениями за сценой этот тип используется преимущественно в гостиничной зоне и обеспечивает естественную вентиляцию номеров, которые обычно принято оснащать кондиционерами. Остекление по 1 типу может иметь различную ширину, выпуклую и вогнутую, а также смещенную в сторону форму и за счет такого разнообразия позволяет создавать изменчивый «ритм» (рис. 8).

Тип 2: Моноостекление

Связь фасада лоджии с внешним пространством обеспечивается за счет U-образного выреза, проходящего сквозь два плоских стекла (рис. 9). Стекла сохраняют свою функцию подоконных элементов парапета и ветрозащиты. Благодаря проему восходящей выпуклой геометрии в сочетании со стеклопластиковой рамой Y-образного профиля они открывают вид из окна. В результате образуется промежуточное пространство, климатическую изоляцию которого обеспечивает смещенный внутрь здания стеклопакет. Вход в лоджию лежит через стеклянные раздвижные двери на всю высоту помещения. Остекление 2-го типа может иметь различную ширину, а также смещенную в сторону / зеркально отображенную форму и за счет нецентрального проема нарушает профильную сетку фасада. В фойе высотой в полтора этажа применяются элементы лоджии высотой 5,025 м, изготовленные по аналогии с типом 2, охватывающие три плоских стекла с фильтрующим свет проемом.

Элементы вентиляции в фойе

Более того, в качестве вентиляционных отверстий для дымоудаления в фасадах фойе предусматриваются элементы высотой в полтора этажа по типу 1, которые могут использоваться для сквозной вентиляции, а также при необходимости для охлаждения в ночное время. Применение небольшого количества базовых типов позволяет посредством их разнообразного распределения оживлять и придавать ритмичность фасаду, который обычно принято выполнять из плоских стеклопакетов, и акцентирует внимание на различных функциональных зонах, не внося дисгармонию в общую картину.

Формование стекол

Формование изогнутых стекол происходит под действием силы тяжести. Эта технология изготовления основывается на разработке полной формы, геометрия которой воспроизводит ту форму, которую желательно придать стеклянным листам. Первоначально плоское стекло, уложенное холодным в форму, при обработке в специальной печи под действием силы тяжести приобретает необходимую геометрию (рис. 11–13). При этом стекла предварительно изготавливаются так, чтобы после формования получалось прямоугольное, плоское по краям стекло с соблюдением необходимых и минимально допустимых отклонений. Кроме того, при работе со стеклопакетами решающую роль для сохранения целостности нанесенных слоев играет, прежде всего, соответствующая комплектация печи, правильная температура, а также оптимальное охлаждение.

Стеклопанельная конструкция

Все остекление представляет собой отдельные стеклопакеты из 2-х многослойных бесосколочных стекол. При моноостеклении используется многослойный блок из 3 бесосколочных однослойных стекол. Наряду с солнцезащитным покрытием на стекла на различных уровнях нанесен серый точечный печатный рисунок, а также хромированное зеркальное покрытие в виде точечного рисунка. С технической точки зрения точечная печать обеспечивает солнцезащиту и оптимизацию параметра энергопропускной способности остекления (g) примерно на 25%. Более того, обладающее электропроводностью хромированное покрытие в сочетании с конструкцией стекла отвечает требованиям по глушению радиоволн, предъявляемых к западному и юго-западному фасаду. Соответствующее исполнение печатного рисунка с учетом обязательных для соблюдения параметров глушения радиоволн позволило отказаться от традиционных проволочных вкладок или полномасштабной линейной печати на остеклении. Точечный декор выполнен с изменением величины и плотности точек, поэтому насыщенный принт по краям стеклопакета постепенно переходит к прозрачной поверхности в середине соответствующей секции остекления. В зависимости от функциональной нагрузки той или иной зоны взаимосвязанные печатные изображения охватывают от двух до пяти стекол и таким образом выделяются на фоне основной модульной сетки фасада элементной сборки. Печатные изображения отражают скрывающиеся за ними пространственные отношения и функциональное назначение. Благодаря различной ширине ячеек сетки они гармонично вписываются в общий облик фасада. Ориентированность на размер соответствующего помещения создает ощущение уединенности внутреннего пространства, которое

отражается в фасаде. Печатный рисунок обрамляет вид наружу, но благодаря светопрозрачности пространственных изображений и покрытий даже по краям стекло с их интенсивным принтом обзор лишь разреживается, но никогда не закрывается полностью (рис. 4). За счет смены изображений исключаются жесткие разрывы в местах структурных переходов, и различные функциональные области становятся частью охватывающей весь фасад печатной сетки.

Размещение серого точечного принта и хромированного зеркального покрытия в точечном виде на различных уровнях остекления придает им при взгляде на стекло вблизи эффект варьирующегося наложения образов и обеспечивает более яркое восприятие глубины остекления (рис. 19, 27). В зависимости от погоды и угла обзора видимое снаружи хромированное зеркальное покрытие меняет интенсивность и оттенок.

Печать: пространственные изображения и трафаретные сетки

Общая архитектурная концепция печатных изображений обуславливает уникальность почти каждой стеклянной панели. Из-за различий в параметрах краев, размеров и функций помещений, параметров g , требований к излучению радиоволн для внутреннего водного транспорта, различий в высоте и ширине стекол для 2200 стеклянных панелей и создания различных изображений на двух уровнях остекления теоретически требуются 4400 трафаретных сеток. Благодаря специально разработанному системному методу количество необходимых для реализации архитектурного замысла трафаретных сеток удалось сократить примерно до 200 штук. При этом формальная уникальность достигается не только за счет уникальности отдельных элементов, но и за счет распределения, варьирования и сочетания повторяющихся элементов. Задача такой степени сложности уже не может быть решена чертежными методами, а требует параметризации на различных уровнях. Генерирование различных пространственных изображений, охватывающих несколько стеклянных панелей, производится с помощью параметризованного чертежа. Исходные данные для производства сеток рассчитываются по согласованию с фирмами-изготовителями. Для облегчения производственного процесса и координации работ по монтажу была рассчитана схема распределения сеток по фасаду. Сетки снабжены полученным в результате расчетов кодом, который позволяет осуществлять проверку печатных изображений на стройплощадке. Наконец, для обеспечения качества написана программа, которая повторно объединяет представленные для производства данные в общую развертку (рис. 21–24).

1. Системный метод:

Типизация оформления фасада определяет функцию скрытых за стеклами помещений. Каждая пространственная единица, содержащая от двух до пяти осей стеклянных панелей, заключается в некое пространственное изображение (рис. 22). С помощью дополнительных параметров эти изображения можно смещать и вращать на фасаде для оживления застывшей структуры повторяющихся участков (рис. 23). Поскольку трафаретные сетки по размеру больше формата стеклянных панелей, то, имея ограниченное количество сеток, можно добиться уникальности при производстве практически каждой панели и, таким образом, варьирования всего фасада. Это достигается смещением по горизонтальной и вертикальной оси, а также вращением на 180 градусов и комбинированием хромированного зеркального покрытия и серой точечной печати (рис. 24).

2. Пространственные изображения:

Параметры заданных на основе системного метода пространственных изображений определяются с помощью нескольких контрольных точек и контрольных кривых. Внутренняя прозрачная область определяется как эллипс. Изменение градиента к краю изображения может быть задано индивидуально для каждого уровня печати. Это позволяет добиться того, чтобы плотность нанесения хромированного зеркального покрытия ближе к краю увеличивалась, в то время как серый печатный рисунок по краям сводился на нет. В зависимости от необходимой относительной энергопропускной способности (g), а также требуемой плотности в областях с обязательным глушением радиоволн путем коррекции соответствующих кривых можно создавать конфигурацию окончательного общего рисунка. Параметризованные пространственные изображения преобразуются в серые полутона и служат основой для расчета трафаретных сеток.

3. Трафаретные сетки:

Файлы печати были созданы совместно с фирмами-изготовителями. Необходимые данные о поверхности стекла для нанесения печати / покрытия были рассчитаны и предоставлены нам в качестве технического задания. Сами трафаретные сетки рассчитываются на основе пиксельных данных печатных изображений. Распределение точек регулируется в зависимости от их величины, а также вероятности появления отдельных точек и дополняется фактором случайности, чтобы избежать слишком выраженной растеризации и муар-эффекта. Точечный растр состоит из больших точек диаметром до восьми миллиметров, к которым привязаны маленькие точки диаметром до миллиметра. Путем смещения на половину растрового поля можно добиться высокой плотности по краям, не допуская наложения точек. Это обеспечивает опти-

мальную прозрачность даже при очень плотной печати. Поскольку на каждую сетку приходится до полумиллиона точек, такой объем данных уже не может обрабатываться в формате САПР. Сетки генерируются в виде файлов печати, содержащих необходимые данные и приводочные метки для изготовления. Чтобы обеспечить возможность проверки пространственных изображений на собранных стеклянных панелях, в точечный растр интегрирован код, с помощью которого можно проконтролировать каждую использованную для печати/покрытия сетку на готовом стекле (рис. 24).

4. Логистика:

Для производства помимо файлов печати необходимо также генерировать чертеж со всеми стеклами и используемыми трафаретными сетками, а также список всех стеклянных элементов с закрепленной за каждой стеклянной панелью информацией о печати, файлом сетки, данными о вырезах и вращении сетки. Для каждой сетки есть документ, описывающий, в каких частях фасада она используется (рис. 26). Этот документ предназначен для того, чтобы облегчить производственный процесс. Наконец, для обеспечения качества и для целей внутреннего контроля данных, независимо от контроля, проводимого изготовителем, мы написали программу, которая повторно объединяет используемые для производства файлы с данными трафаретных сеток в общую развертку (рис. 24).

тип 1: предварительно изготовленный элемент фасада из стеклопакетов

тип 2: монофасад лоджии, предварительно изготовленный элемент фасада в цехе предприятия-изготовителя фасадов фирмы Gartner в Гундельфингене

- 1 компьютерное моделирование вида с западной стороны, 2006 г.
- 2 монтаж фасада, вид с северо-востока 10–13 этажи, март 2010 г.
- 3 разрез масштаб 1:2000
- 4 вид фасада изнутри
- 5 общее графическое изображение развертки фасада фойе филармонии, пространства за кулисами, технических помещений, квартир и гостиничных номеров
- 6 ночной вид на оформлении фасада. Печатное изображение передает переходы между поразному освещенными участками
- 7 тип 1 – фасад из стеклопакетов: регулярная геометрия с чередованием одного изогнутого и одного ровного стекла
- 8 компьютерное моделирование фасада из стеклопакетов, 2006 г.
- 9 тип 2 – монофасад лоджии: регулярная геометрия с U-образным вырезом, проходящим через 2 стекла
- 10 компьютерное моделирование монофасада, 2006 г.
- 11, 12 форма стекла
- 13 формование под действием силы тяжести: деформация стеклянной пластины
- 14 опытный экземпляр фасада для технико-экономического обоснования и анализа целесообразности выпуска продукции, 2006г.
- 15 проверка геометрии образца фасада с помощью шаблонов

- 16 образец фасада с обоими стандартизованными элементами, март 2009 г.
- 17 узел остекления типового этажа
горизонтальный разрез, масштаб 1:5
конструкция остекления типа 1, снаружи: многослойное безосколочное стекло из 2 стекол x 8 мм, Extra Clear, с хромированной расстановочной печатью, с серой точечной печатью, с солнцезащитным покрытием + промежуток 16 мм + многослойное безосколочное стекло из 2 стекол x 6 мм, Extra Clear, с низкоэмиссионным покрытием
конструкция остекления типа 2, снаружи: многослойное безосколочное стекло из 3 стекол x 8 мм, Extra Clear, с хромированной расстановочной печатью, с серой точечной печатью, с солнцезащитным покрытием
- 18 вид на нелинейный стеклопакет
- 19 вид на нелинейный стеклопакет фасада изнутри с открытой поворотной створкой
- 20 монтаж фасада, март 2010 г.
- 21 определение параметров серых полутоновых изображений, которые служат основой для расчетов трафаретных сеток. Внутренняя кривая определяет зону без печати, наружная - зону с максимально плотной печатью
- 22 чертеж CAD с распределением функций
- 23 параметры поворота и смещения
- 24 параметризованный фрагмент фасада
- 25 раскладка трафаретных сеток
- 26 фрагмент сетки с кодировкой
- 27 фрагмент остекления с трафаретной печатью, март 2010 г.

Тип 1: фасадный элемент предварительного изготовления

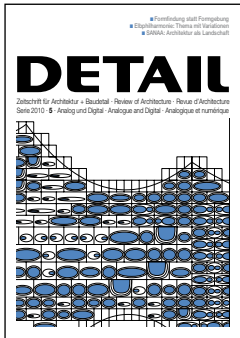
Горизонтальные разрезы · Масштаб 1:50

Вертикальные разрезы · Масштаб 1:20

- 1 солнце- и теплозащитное остекление из элементов, деформированных в горячем состоянии, ровных или с выпуклостью наружу или внутрь, размер в осях $h = 3350$ мм, $b = 2150/2500$ мм: многослойное безосколочное стекло из 2 стекол x 8 мм + промежуток 16 мм + многослойное безосколочное стекло из 2 стекол x 6 мм, коэффициент теплопередачи $k = 1,1/1,3$ Вт/м² g = < 25 %
- 2 сэндвич-панель – алюминий, утеплитель 80 мм
- 3 открывающаяся вручную створка
- 4 облицовка средней стойки – изогнутая высококачественная сталь
- 5 алюминиевый профиль черного цвета по каталогу RAL 9005
- 6 солнцезащитная, противоослепляющая шторка Trevira CS с алюминиевым напылением

Тип 2: монофасад лоджии, элемент предварительного изготовления в фойе здания Gartner в Гундельфингене

- 7 моноостекление из элементов, деформированных в горячем состоянии, выпуклых наружу, размер в осях $h = 3350$ мм, $b = 2150/2250/2500$ мм: многослойное безосколочное стекло из 3 стекол x 8 мм
- 8 парапет со встроенным стеклодержателем стеклопластиковый сборный элемент 3–5 мм гелевое верхнее покрытие белого цвета (RAL 9016)
- 9 подвесной потолок – органическая, мелкодисперсная штукатурка на плитноосновании под штукатурку
- 10 настил пола лоджии – гладкостроганные доски
- 11 отвод воды из лоджии



You can order single copies and subscriptions at www.detail.de/subscription

or by

PROJECT MEDIA
Bolshoi Karetny per. 17,
building 2, apt. 49
127051 Moscow
Metro: Tsvetnoi Bulvar
T.: 495 – 258 44 36
Email: podpiska@prorus.ru
www.prorus.ru

or by

TATLIN Publishers MOSCOW
123001, Russia, Moscow,
Granatny pereulok, 12, of. 28
Metro: Barrikadnaja
T./F.: +7 (495) 691 98 45
T.: +7 (495) 691 24 58, 690 23 38
Email: moscow@tatlin.ru
www.tatlin.ru

or by

TATLIN Publishers EKATERINBURG
620062, Russia, Ekaterinburg,
3 Generalskaya st., of. 319
T./F.: +7 (343) 375 38 64
T.: +7 (343) 375 38 73, 375 38 81
Email: subscription@tatlin.ru
www.tatlin.ru

Отдельные выпуски журнала и подписка могут быть заказаны непосредственно на странице
www.detail.de/subscription

или у

агентства ПРОЕКТ МЕДИА
Большой Каретный пер. 17,
стр. 2, офис 49
127051 Москва
метро: Цветной Бульвар
т.: 495 – 258 44 36
e-mail: podpiska@prorus.ru
www.prorus.ru

или у

TATLIN МОСКВА
123001, Россия, Москва
Гранатный переулок, д. 12, офис 28
Метро: Баррикадная
т./ф.: +7 (495) 691 98 45
т.: +7 (495) 691 24 58, 690 23 38
e-mail: moscow@tatlin.ru
www.tatlin.ru

или у

TATLIN ЕКАТЕРИНБУРГ
620062, Россия, Екатеринбург
ул. Генеральская, д. 3, офис 319
т./ф.: +7 (343) 375 38 64
т.: +7 (343) 375 38 73, 375 38 81
e-mail: subscription@tatlin.ru
www.tatlin.ru

DETAIL English Edition

- 8 issues a year
- Incl. 2 issues
DETAIL Green
- Fully translated
English version
- Translation for
download
in Russian

Topics 2010

- 1 Модернизация / Refurbishment
- 2 Бетонные конструкции /
Concrete Construction
- 3 Концепции в малом жилищном строительстве
+ DETAIL Green /
Small-Scale Housing + DETAIL Green
- 4 Цифровая архитектура /
Digital and Analogue
- 5 Фасады / Facades
- 6 Деревянные конструкции + DETAIL Green /
Timber Construction + DETAIL Green

(subject to change)

I herewith order DETAIL English,
starting with issue
no. _____ for:

- | | | |
|----------------------------------|---------|----------|
| <input type="checkbox"/> 1 year | € 122.– | € 74.90 |
| <input type="checkbox"/> 2 years | € 244.– | € 149.80 |
| <input type="checkbox"/> 3 years | € 366.– | |

Students*:

DETAIL The Original DETAIL (German/English)

- 12 issues a year
- Incl. 2 issues
DETAIL Green
- German with
summaries
in English,
translation
for download
in Italian and
French

Topics 2010

- 1/2 Бетонные конструкции / Concrete Construction
- 3 Малое жилищное строительство /
Small-Scale Housing
- 4 Свет + Интерьер / Interiors and Lighting
- 5 Цифровая архитектура + DETAIL Green /
Digital and Analogue + DETAIL Green
- 6 Стальные конструкции / Steel Construction
- 7/8 Фасады / Facade
- 9 Исследование + Обучение /
Research and Teaching
- 10 Деревянные конструкции / Timber Construction
- 11 Легкие конструкции + DETAIL Green /
Lightweight Construction + DETAIL Green
- 12 50 лет DETAIL / 50 years of DETAIL

(subject to change)

I herewith order DETAIL,
starting with issue
no. _____ for:

- | | | |
|----------------------------------|----------|----------|
| <input type="checkbox"/> 1 year | € 195.70 | € 125.94 |
| <input type="checkbox"/> 2 years | € 391.41 | € 251.88 |
| <input type="checkbox"/> 3 years | € 587.11 | |

Students*:

Important legal guarantee: DETAIL guarantees that I can cancel all subscription orders in writing within two weeks.

All prices including postage/packing and 7% VAT. Companies with VAT-No. do not pay VAT.

Subscriptions in Eurozone will be renewed automatically.

* In order to subscribe to a student subscription the student must submit a photocopy of a valid student ID containing his/her name and duration of study.